

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

JPO00/2237日

本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

PCT/IP00/02237

06.04.00

REC'D 26 MAY 2000

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年10月 8日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第288129号

出 願 人

Applicant (s):

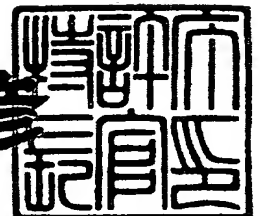
株式会社ケンウッド

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 5月12日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3035045

【書類名】 特許願

【整理番号】 P05-972249

【提出日】 平成11年10月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 14/04

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 1 4 番 6 号 株式会社ケンウッド内

【氏名】 佐藤 寧

【特許出願人】

【識別番号】 000003595

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂 1 丁目 1 4 番 6 号

【氏名又は名称】 株式会社ケンウッド

【代理人】

【識別番号】 100088063

【住所又は居所】 東京都八王子市北野町 2 4 番地の 1 共立リライアンス子安 I I 3 0 8 号室 坪内特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪内 康治

【電話番号】 0426-44-5502

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 054069

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 補間方法、補間装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とし、

第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として、

デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭まではほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項 2】 前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

を特徴とする請求項 1 記載の補間方法。

【請求項 3】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とし、

第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の長さ分だけ該第 2 同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭まではほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項 4】 第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短かければ第 1 同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項 3 記載の補間方法。

【請求項 5】 前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る

或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

を特徴とする請求項 3 または 4 記載の補間方法。

【請求項 6】 補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項 5 記載の補間方法。

【請求項 7】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とし、

第 2 同一値連続区間の内、第 1 同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として、

デジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項 8】 前記デジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

を特徴とする請求項 7 記載の補間方法。

【請求項 9】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とし、

第 2 同一値連続区間の内、第 1 同一値連続区間の長さ分だけ該第 1 同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、

を特徴とする補間方法。

【請求項 10】 第 2 同一値連続区間の長さが第 1 同一値連続区間より短ければ第 2 同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項 9 記載の補間方法。

【請求項 11】 前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、

周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと

を特徴とする請求項 9 または 10 記載の補間方法。

【請求項 12】 補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1 / 2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項 11 記載の補間方法。

【請求項 13】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする検出手段と、

第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項 14】 前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項 13 記載の補間装置。

【請求項 15】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする

検出手段と、

第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の長さ分だけ該第2同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項16】 決定手段は、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短ければ第1同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項15記載の補間装置。

【請求項17】 前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項15または16記載の補間装置。

【請求項18】 補間手段は、補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項17記載の補間装置。

【請求項19】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、

第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項 2 0】 前記デジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項 1 9 記載の補間装置。

【請求項 2 1】 サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする検出手段と、

第 2 同一値連続区間の内、第 1 同一値連続区間の長さ分だけ該第 1 同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として決定する決定手段と、

第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、

を備えたことを特徴とする補間装置。

【請求項 2 2】 決定手段は、第 2 同一値連続区間の長さが第 1 同一値連続区間より短ければ第 2 同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、

を特徴とする請求項 2 1 記載の補間装置。

【請求項 2 3】 前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、

補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項 2 1 または 2 2 記載の補間装置。

【請求項 2 4】 補間手段は、補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、

を特徴とする請求項 2 3 記載の補間装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は補間方法、補間装置に係り、とくに、圧縮データを伸長した場合の如く、量子化ノイズの大きなデジタルデータ列でも効果的に量子化ノイズを低減できる補間方法、補間装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、音声、映像等のデジタル記録／再生では、音声、映像等のアナログ信号をA/D変換してデジタル信号を半導体メモリ、光ディスク等の所定の記憶媒体に記憶しておき、再生時に記憶媒体から読み出したあと、D/A変換して元の音声、映像等を再現するようにしている。記憶媒体の容量を節約したい場合、アナログ信号をA/D変換する際の量子化ビット長を短くすれば良いが、記憶媒体から読み出したデジタル信号に量子化ノイズが発生する。このため、従来は記憶媒体から読み出したデジタル信号の量子化ビット長を下位側に所定ビット長だけ拡張するとともに、図22の如く、入力波形に応じて周波数特性（カットオフ周波数）が動的に変化する可変ローパスフィルタに入力し、補間処理を行うようにしている。

【0003】

例えば、原信号が図23（1）の如く正弦波のアナログ信号の場合、A/D変換後のデジタル信号は図23（2）の如くなるが、ビット拡張後、可変ローパスフィルタに入力して補間処理を行ったデジタル信号は図23（3）の如くなり、元の正弦波に近く、量子化ノイズがかなり改善されることが判る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、半導体メモリ等の比較的高価な記憶媒体を使用する場合、より記憶容量を有効利用するため、デジタル信号を圧縮したあと記憶させるようにしている。圧縮率は高いが完全には元の波形に戻せない不可逆圧縮方式の場合、例えば、図23（1）に示す如く原信号が正弦波の場合、A/D変換後のデジタル信号は図23（2）の如くなり、まだ量子化ノイズはそれほど大きくないが、圧縮・伸長後の復元デジタル信号は図24（1）の如くなり、大きな量子化ノイ

ズが残っている。この復元デジタル信号に対し、量子化ビット長を下位側に所定ビット長だけ拡張したあと、可変ローパスフィルタに入力すると、図24(2)の如くなり、まだ大きな量子化ノイズが残っている。量子化ノイズ低減効果を上げるため可変ローパスフィルタのカットオフ特性を急峻にしようとする、群遅延特性が悪化してしまうので実現できないという問題があった。

本発明は上記した従来技術の問題に鑑み、群遅延特性を悪化させずに量子化ノイズを低減できる補間方法、補間装置を提供することを、その目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の補間方法では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項13記載の補間装置では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分の分析をし、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大き

なデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前に先行する全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る期間で有する周波数成分と適合し、かつ、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、元のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項2では、請求項1記載の補間方法において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項14では、請求項13記載の補間装置において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとする或る周波数成分がとくに目立って強調されてしまうおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項3記載の補間方法では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続

区間とし、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の長さ分だけ該第 2 同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項 1 5 記載の補間装置では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする検出手段と、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の長さ分だけ該第 2 同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として決定する決定手段と、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓で FFT により周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。そして、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とすると、第 2 同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出し、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の長さ分だけ該第 2 同一値連続区間の直前に先行する区間を補間対象区間として、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合した補間波形とすることができ、元のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有している周波数成分に対し、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項 4 では請求項 3 記載の補間方法において、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短かければ第 1 同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項 1 6 では請求項 1 5 記載の補間装置において、補間手段は、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短かければ第 1 同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では第 1 同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短かければ第 1 同一値連続区間全体を補間対象区間とすることで、デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合した補間波形とすることができ、元のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。

請求項 5 では請求項 3 または 4 記載の補間方法において、前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項 1 7 では請求項 1 5 または 1 6 記載の補間装置において、前記デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

請求項 5、1 7 によれば、デジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該或

る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項6では請求項5記載の補間方法において、補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項18では請求項17記載の補間装置において、補間手段は、補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

補間対象区間の時間長さを T とすると補間波形により周波数 $f = 1/2T$ の成分が強調され易くなる。そこで、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないときは量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとするとき周波数 $f = 1/2T$ の成分がとくに目立って強調される恐れが強いときは、当該周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をすることが可能となる。

請求項7記載の補間方法では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まではほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項19記載の補間装置では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間

の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として決定する決定手段と、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周期性と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後に続く全部または一部の区間を補間対象区間として、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合し、かつ、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、元のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項8では請求項7記載の補間方法において、前記デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項20では請求項19記載の補間装置において、前記デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデー

タ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとするとき或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項9記載の補間方法では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とし、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うようにしたこと、を特徴としている。

請求項21記載の補間装置では、サンプリング周波数 f_s のデジタルデータ列を対象として該デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする検出手段と、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として決定する決定手段と、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾ほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行う補間手段と、を備えたことを特徴としている。

音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓でFFTにより周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出し、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の長さ分だけ該第1同一値連続区間の直後に続く区間を補間対象区間として、第1同一値連続区間の最後尾

から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補関数に従い補間を行うことで、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る期間で有する周期性と適合した補間波形とすることができ、元のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。しかも、フィルタを用いずに補間が出来るので群遅延特性が悪化することもない。

請求項10では請求項9記載の補間方法において、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短かければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項22では請求項21記載の補間装置において、決定手段は、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短かければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とするようにしたこと、を特徴としている。

デジタルデータ列中には第2同一値連続区間の前後で第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短かければ第2同一値連続区間全体を補間対象区間とすることで、デジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分と適合した補間波形とすることができ、元のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるのを回避しながら、量子化ノイズの低減を図ることができる。

請求項11では請求項9または10記載の補間方法において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

請求項23では請求項21または22記載の補間装置において、前記デジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析する分析手段を設け、補間手段は、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

デジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を適応的に変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとする或る周波数成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間が可能となる。

請求項 1 2 では請求項 1 1 記載の補間方法において、補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

また、請求項 2 4 では請求項 2 3 記載の補間装置において、補間手段は、補間対象区間の時間長さを T として、周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させるようにしたこと、を特徴としている。

補間対象区間の時間長さを T とすると補間波形により周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分が強調され易くなる。そこで、補間前のデジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分がとくに目立って強調されるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようすると周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分がとくに目立って強調されるおそれが強いときは、当該周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をすることが可能となる。

各請求項の補間関数には直線関数または曲線関数を用いることができる。

【0 0 0 6】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の一つの実施の形態を図 1 を参照して説明する。

図 1 は本発明に係る補間方法を具現した補間装置の構成を示すブロック図である。

1は圧縮音声データを伸長後のデジタルデータの入力端子であり、ここでは、サンプリング周波数 f_s 、量子化ビット長 n で2の補数表現によるデジタルデータ列 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots が入力されるものとする。2Aは第1メモリであり、アドレス0から N まで、量子化ビット長 $n' = (n+m)$ ビットのデジタルデータを $(N+1)$ 個格納できる容量を有している。2Bは第1から第 M まで M 個の記憶領域を有する第2メモリであり、各記憶領域には、後述するDSP（デジタルシグナルプロセッサ）により、第1メモリ中の連続する512個のデジタルデータ列 d_i 、 d_{i+1} 、 d_{i+2} 、 \dots 、 d_{i+511} に対してFFTによる周波数成分の分析（周波数スペクトラムの測定）の結果得られた周波数別の大きさ（図2に示す如く、 $0 \sim -120$ （dB）の範囲での振幅値（なお、振幅値0dBを Q_M とする）と、 -120 （dB）を原点とし、10dBずつ0dBまで等間隔に区切ったスケール上での振幅値0dBのスペクトルの長さを $R_M = 100$ としたときのスペクトルの相対長さ）が、第1メモリ中でFFTでの分析結果を利用可能なデータのアドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ と対応付けて記憶される。1回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は $0 \sim 511$ であり、 $C_1 = 0$ 、 $C_2 = 383$ とされる。2回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は $256 \sim 767$ であり、 $C_1 = 384$ 、 $C_2 = 639$ とされる。3回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は $512 \sim 1023$ であり、 $C_1 = 640$ 、 $C_2 = 895$ とされる（図8参照）。以下、同様にして、 j （ $j \geq 4$ ）回目のFFT処理に使用されるデータの格納されたアドレス範囲は $(j-1) \times 256 \sim (j-1) \times 256 + 511$ であり、 $C_1 = (j-2) \times 256 + 384$ 、 $C_2 = (j-2) \times 256 + 639$ とされる。なお、ここでは説明の便宜上、 N 、 M は十分大きいものとする。

【0007】

3はDSPであり、入力端子1からデジタルデータ列 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots を入力し、下位側に m ビットだけ拡張しながら第1メモリ2Aに入力順に書き込んでいく（具体的には、2の補数表現の場合、 d_i の符号ビットであるMSBが0のときは d_i の下位側に m 個の「0」を付加し、 d_i のMSBが1のときは d_i の下位側に m 個の「1」を付加する）。量子化ビット長が $n' = (n+m)$

ビットに拡張されたデジタルデータ列の成す波形は階段状に変化し、量子化ノイズを有することになるが、DSP 3は第1メモリ2Aに記憶されたデータを対象に所定の補間処理を行い、量子化ノイズを低減させる。DSP 3は、これら第1メモリ2Aへの書き込み及び補間処理と平行して、第1メモリ2Aから補間後のデータを順に読み出し、サンプリング周波数 f_s 、量子化ビット長 $n' = (n + m)$ ビットのデジタルデータ列 G_0 、 G_1 、 G_2 、 \dots として出力端子4から出力する。

【0008】

図3と図4はDSP 3のメイン処理を示すフローチャート、図5はDSP 3のマルチタスク処理により、メイン処理と平行して実行されるFFT処理を示すフローチャート、図6はDSP 3によるデータ入力割り込み処理を示すフローチャート、図7はDSP 3によるデータ出力割り込み処理を示すフローチャートである。図8はDSPによるFFT動作の説明図、図9と図10は第1メモリ2Aに格納されるデータ列の一例を示す説明図であり、以下、これらの図を参照して補間動作を説明する。ここでは $n = 8$ 、 $m = 4$ として説明する。なお、第1メモリ2Aのアドレス i に記憶されたデータは D_i 、 D_i' 、 $D(i)$ 、 $D_{i,d}$ (d は任意の整数)、 $D_{i,d}$ で表すものとする。また、FFTで周波数分析した周波数別の振幅値が取りうる最大値を $Q_M = 0 \text{ dB}$ 、振幅値 0 dB のスペクトルの長さを $R_M = 100$ と見做すものとする(図2参照)。

【0009】

まず、DSP 3は初期化処理により、第1メモリ2Aと第2メモリ2Bの全領域をクリアするとともに、第1メモリ2Aに対する書込ポインタRPと読出ポインタWPを0とする(図3のステップS10)。以降、DSP 3は入力端子1に新たな $n = 8$ ビット長のデジタルデータ d_i ($i = 0, 1, 2, \dots$)が入力される度に、図6のデータ入力割り込み処理を実行し、下位側に $m = 4$ ビットだけ拡張しながら第1メモリ2Aの内、RPの示すアドレスに書き込むとともにRPをインクリメントする処理を行う(ステップS50、S51。図9参照)。また、入力データ数が1024個を越えたあと、周期 $T_0 = (1/f_s)$ で図7のデータ出力割り込み処理を実行し、第1メモリ2Aの内、WPの示すアドレスか

らデータ D (WP) を読み出し、 G_{WP} として出力し、WP をインクリメントする (ステップ S 6 0、S 6 1)。

【0 0 1 0】

DSP 3 は初期化処理のあと、第 1 メモリ 2 A を先頭アドレスの側から参照して入力データ列中に同一値のデータが複数個連続した区間が存在するか探索する (図 3 のステップ S 1 1、S 1 2)。最初の同一値連続区間が見つければ (ステップ S 1 2 で YES)、続いて該同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする (ステップ S 1 3)。最新の入力データが今回探索した同一値連続区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し (図 9 (1) の D_4 参照)、この場合、その後のデータ入力で確定するのを待つ。これと異なり、今回探索した同一値連続区間の直後に、該同一値連続区間とは異なる値のデータが格納されているときは (図 9 (2) の D_5 参照)、当該同一値連続区間の最後尾が確定していると判断する。

【0 0 1 1】

ステップ S 1 3 で YES になれば、今回探索した同一値連続区間を第 1 同一値連続区間とし、先頭アドレスを S_1 、最後尾アドレスを E_1 、データ値を Y_1 、データ数を L_1 として記憶する (ステップ S 1 4)。図 9 (2) の場合、 $S_1 = 1$ 、 $E_1 = 5$ 、 $L_1 = 5$ となる。次に、DSP 3 は第 1 メモリ 2 A を参照して第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする (ステップ S 1 5)。存在しなければ第 1 メモリ 2 A を参照して入力データ列中の次の同一値連続区間を探索し (ステップ S 1 6、S 1 7)、見つければステップ S 1 3 に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図 9 (2) に示す如く、第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする (ステップ S 1 8)。最新の入力データが当該同一値連続区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し、その後のデータ入力で確定するのを待つが、当該同一値連続区間の直後に、該同一値連続区間とは異なる値のデータが格納されているときは (図 9 (2) の D_{10} 参照)、当該同一値連続区間の最後尾が確定していると判断し、当該同一

値連続区間を第 2 同一値連続区間とし、先頭アドレスを S_2 、最後尾アドレスを E_2 、データ値を Y_2 、データ数を L_2 として記憶する（ステップ S 1 9）。図 9（2）の場合、 $S_2 = 6$ 、 $E_2 = 9$ 、 $L_2 = 4$ となる。

【 0 0 1 2 】

次に、後で詳しく説明する様に、DSP 3 は第 1 同一値連続区間の全部または第 2 同一値連続区間の直前の一部を補間対象区間として決定するので、第 2 メモリ 2 B を参照して第 1 同一値連続区間の最後尾アドレス E_1 を、FFT 結果の利用可能対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含むような FFT が完了しているかチェックし、まだであれば完了するのを待つ（ステップ S 2 0）。

【 0 0 1 3 】

DSP 3 はマルチタスク処理により、図 3、図 4 のメイン処理と平行して図 5 の FFT 処理を実行している。図 5 において、最初、第 1 メモリ 2 A で FFT 処理に用いるデータ範囲を定める k を 0、第 2 メモリ 2 B で FFT 処理結果を格納する記憶領域を定める P を 1 とし（ステップ S 3 1）、入力端子 1 から 1 番目～512 番目までのデータ d_0 、 d_1 、 \dots d_{511} が入力されて第 1 メモリ 2 A に格納されるのを待つ（ステップ S 3 2）。ステップ S 3 2 で YES になれば、これら 1 番目～512 番目までのデータを用いて FFT 処理を実行し、周波数別の成分の大きさ（振幅値とスペクトルの相対長さ。図 2 参照）を求め、第 2 メモリ 2 B の第 1 記憶領域に格納するとともに、該第 1 記憶領域には、第 1 メモリ 2 A の内、今回の FFT 処理結果の利用可能アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ も合わせて記憶させる（ステップ S 3 3）。図 8（1）に示す如く、1 回目の FFT の場合、 $C_1 = 0$ 、 $C_2 = 383$ とされる。なお、1 回分の FFT 処理は、256 個のデータ d_i の入力に要する時間（ $= 256 \times (1/f_s)$ ）内に完了するものとする。

【 0 0 1 4 】

ステップ S 3 3 のあと、DSP 3 は P をインクリメントして 2 とし（ステップ S 3 4）、入力端子 1 から 255 番目～767 番目までのデータが入力されて第 1 メモリ 2 A に格納されるのを待つ（ステップ S 3 5）。ステップ S 3 5 で YES になれば、これら 255 番目～767 番目までのデータを用いて FFT 処理を

実行し、周波数別の振幅値とスペクトルの相対長さを求め、第 2 メモリ 2 B の第 2 記憶領域に格納するとともに、該第 2 記憶領域には、第 1 メモリ 2 A の内、今回の F F T 処理結果の利用可能アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ も合わせて記憶させる（ステップ S 3 6）。図 8（2）に示す如く、2 回目の F F T の場合、 $C_1 = 3 8 4$ 、 $C_2 = 6 3 9$ とされる。

【0 0 1 5】

ステップ S 3 6 のあと、D S P 3 は k をインクリメントして 1 とし、 P をインクリメントして 3 とする（ステップ S 3 7）。そして、入力端子 1 から 5 1 3 番目～1 0 2 4 番目までのデータが入力されて第 1 メモリ 2 A に格納されるのを待つ（ステップ S 3 2）。ステップ S 3 2 で Y E S になれば、これら 5 1 3 番目～1 0 2 4 番目までのデータを用いて F F T 処理を実行し、周波数別の振幅値とスペクトルの相対長さを求め、第 2 メモリ 2 B の第 3 記憶領域に格納するとともに、該第 3 記憶領域には、第 1 メモリ 2 A の内、今回の F F T 処理結果の利用可能アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ も合わせて記憶させる（ステップ S 3 3）。図 8（3）に示す如く、3 回目の F F T の場合、 $C_1 = 6 4 0$ 、 $C_2 = 8 9 5$ とされる。

以下、D S P 3 は同様の処理を繰り返し、入力データ列の内、一定期間分のデータを用いて F F T 処理による周波数成分の分析を行い、周波数別の振幅値とスペクトルの相対長さを求める。

【0 0 1 6】

上記した F F T 処理の進行で図 3、図 4 のメイン処理中、ステップ S 2 0 で Y E S となったとき、D S P 3 は L_1 と L_2 を比較し（図 4 のステップ S 2 1）、 $L_1 \geq L_2$ であれば、第 1 同一連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前の L_2 個のデータの在る範囲を補間対象区間として決定する（ステップ S 2 2）。 $L_1 < L_2$ であれば第 1 同一値連続区間全体を補間対象区間として決定する（ステップ S 2 7）。

ここで、音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓で F F T により周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い

。そこで、補間対象区間の補間波形を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにすると、元のデジタルデータ列の有する周波数成分から見て、或る周波数成分がとくに強調され過ぎるのを回避しながら、量子化ノイズを低減可能となる。ここで、「補間対象区間の補間波形を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させる」とは、補間波形により追加される周波数成分の各スペクトル周波数が、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分による各スペクトル周波数の全部または一部となるべく重なるようにし、余計な周波数成分をなるべく追加しないすることを意味し、より好ましくは、更に、補間波形により追加される周波数成分が、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分の内、或る周波数成分を強調し過ぎないようにすることを意味する。

この実施の形態では、量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とすると、第 2 同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第 1 同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間以上あるときは、補間対象区間を、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前で、第 2 同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短いときは、補間対象区間を第 1 同一値連続区間全体とし、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないよ

うにしながら違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【 0 0 1 7 】

加えて、この実施の形態では、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎる恐れが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとするや或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理を実行している。

例えば、補間対象区間の時間長さを T とすると、補間波形により周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分を強調し過ぎる恐れが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとするや周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じてしまうときは、周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするようにしている。

【 0 0 1 8 】

図 9 (2) の場合、ステップ S 2 1 で YES となるので、DSP 3 はステップ S 2 2 の処理をしたあと、第 2 メモリ 2 B の内、アドレス E_1 を FFT による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含む記憶領域（ここでは第 1 記憶領域）に記憶された周波数別の振幅値、スペクトルの相対長さを参照して、補間対象区間の時間長さを T として、 $1 / 2 T = f_s / 2 L_2$ の周波数の振幅値を q_a 、スペクトルの相対長さを r_a 、振幅値が最大となっている周波数 f_{max} の振幅値を q_{max} 、スペクトルの相対長さを r_{max} とする（ステップ S 2 3。図 2 参照）。そして、 r_a / r_{max} が所定の基準値 C_0 以上の大きさが有る

かチェックする（ステップ S 2 4）。 $r_a / r_{\max} \geq C_0$ でないときはノイズによる誤差の影響が大きくなり、正確な補間ができないので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようにする。ステップ S 2 4 で Y E S となったときは、今回の補間対象区間について、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭まで単調に値が変化するような補間関数に従い、第 1 メモリ 2 A の上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する（ステップ S 2 5）。

この補間処理では、補間前のデジタルデータ列に対する第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間での F F T による周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に補間波形を定める補間関数を変化させるが、ここでは一例として、 r_a の R_M に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に補間関数を変化させる。

【 0 0 1 9 】

具体的には、正規化した第 1 の関数 $F_1 (x)$ として、

$$F_1 (x) = (1/2) - (1/2) \cdot \cos (x \pi / 2)$$

但し、 x の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく。 $F_1 (x)$ を図示すると、図 1 1 (1) の如くなり、 $x = 0 \sim 2$ の範囲で $F_1 (x)$ は 0 から 1 まで正弦波状に単調に増大変化する。

更に、正規化した第 2 の関数 $F_2 (x)$ として、

$r_a \neq R_M$ のとき

$$F_2 (x) = 1 - \{1 - (r_a / R_M)\} \cdot \{1 - (x - 1)^2\}^{1/2}$$

$r_a = R_M$ のとき

$$F_2 (x) = 1$$

但し、 x の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく。 $F_2 (x)$ を図示すると、図 1 1 (2) の如くなり、 $x = 0 \sim 2$ の範囲で $F_2 (x)$ は最小値 $= 1 - \{1 - (r_a / R_M)\}$ 、最大値 $= 1$ の範囲で楕円曲線に沿って変化する（ $r_a \neq R_M$ のとき）、または $x = 0 \sim 2$ の範囲で一定値 1 をとる（ $r_a = R_M$ のとき）。

$G (x)$ を、

$$G (x) = F_1 (x) \cdot F_2 (x)$$

但し、 x の定義域 $0 \sim 2$

により定め、 r_a の R_M に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に変化する補間関数 $Y(S_1 + j)$ を、次式で定義する(j は離散変数。 $S_1 + j$ は第1メモリ2Aのアドレスを指す)。

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j/L_2)$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

DSP3はステップS21でYES、ステップS24でYESとなると、第1メモリ2Aのアドレス($S_1 + j$)のデータ $D(S_1 + j)$ を、 $Y(S_1 + j)$ で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする(ステップS25)。図10(1)では、 $D(3)$ 、 $D(4)$ 、 $D(5)$ が置き換えられる。

【0020】

例えば $r_a = R_M$ であったとき、 $F_2(x) = 1$ なので、 $G(x) = F_1(x)$ となる。すると、補間対象区間は周波数が $f_s / 2L_2$ の正弦波波形で、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に増加するように補間される(図10(1)の補間曲線Aと補間データ $D_{3,1}$ 、 $D_{4,1}$ 、 $D_{5,1}$ 参照)。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$ であれば、元のデジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たと、 $f_s / 2L_2$ の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を周波数が $f_s / 2L_2$ の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M / 2$ であったとき、補間対象区間は周波数が $f_s / 2L_2$ の正弦波波形を、元の第1同一値連続区間、第2同一値連続区間の形状に近づく方向に少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される(図10(1)の補間曲線Bと補間データ $D_{3,2}$ 、 $D_{4,2}$ 、 $D_{5,2}$ 参照)。このとき、量子化ノイズの低減は少し小さくなるが、入力デジタルデータ列の内、第1同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たと、 $f_s / 2L_2$ の周波数成分は大きくなかった。ので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

【0021】

ステップS25のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし(ス

テップ S 2 6)、図 3 のステップ S 1 5 に戻る。ステップ S 1 5 では、DSP 3 は第 1 メモリ 2 A を参照して第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする存在しなければ第 1 メモリ 2 A を参照して入力デジタルデータ列中の次の同一値連続区間を探索し (ステップ S 1 6、S 1 7)、見つければステップ S 1 3 に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図 1 0 (2) に示す如く、アドレス $S_1 = 6$ から $E_1 = 9$ までの第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での他の同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該他の同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする (ステップ S 1 8)。最新の入力データが当該他の同一値連続区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し、その後のデータ入力で確定するのを待つが、当該他の同一値連続区間の直後に、等該他の同一値連続区間とは異なる値のデータが格納されているときは、当該他の同一値連続区間の最後尾が確定していると判断し (図 1 0 (2) 参照)、当該他の同一値連続区間を第 2 同一値連続区間とし、先頭アドレスを S_2 、最後尾アドレスを E_2 、データ値を Y_2 、データ数を L_2 として記憶する (ステップ S 1 9)。図 1 0 (2) の場合、 $S_2 = 10$ 、 $E_2 = 14$ 、 $L_2 = 5$ となる。

【 0 0 2 2 】

次に、DSP 3 は第 1 同一値連続区間の最後尾アドレス $E_1 = 9$ を、FFT 処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含む FFT が完了しているかチェックし、ここでは YES であるとする、図 4 のステップ S 2 1 に進む。ステップ S 2 1 では DSP 3 は L_1 と L_2 を比較し、今度は $L_1 < L_2$ なので、第 1 同一連続区間全てを補間対象区間として決定する (ステップ S 2 7)。入力デジタルデータ列中では、第 1 同一値連続区間と同様の同一値連続区間も周期的に出現することが多く、 $L_1 < L_2$ の場合に、補間対象区間を第 1 同一値連続区間と同じ時間長さとする事で、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有して

いる周波数成分から見て、或る周波数成分が強調され過ぎるのを回避して、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【0023】

第2メモリ2Bの内、アドレス E_1 をFFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含む第1記憶領域に記憶された周波数別の振幅値を参照して、 $f_s / 2L_1$ の周波数成分の振幅値を q_a 、スペクトルの相対長さを r_a 、振幅値が最大となっている周波数 f_{\max} の成分の振幅値を q_{\max} 、スペクトルの相対長さを r_a とする（ステップS28）。

そして、 r_a / r_{\max} が所定の基準値 C_0 以上の大きさが在るかチェックする（ステップS29）。 $r_a / r_{\max} \geq C_0$ でないときは、ノイズによる誤差の影響が大きくなるので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようにする。ステップS29でYESとなったときは、今回の補間対象区間について、補間前のデジタルデータ列に対する補間対象区間近傍でのFFTによる周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に変化させた補間関数に従い、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭まで単調に変化するように、第1メモリ2Aの上で補間対象区間の途中のデジタルデータの値を置き換えて補間処理する（ステップS30）。

【0024】

具体的には、DSP3はステップS21でNO、S29でYESとなると、補間関数 $Y(S_1 + j)$ を（ j は離散変数）、

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j / L_1)$$

$$\text{但し、} j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$$

として、第1メモリ2Aのアドレス $(S_1 + j)$ のデータ $D(S_1 + j)$ を、 $Y(S_1 + j)$ で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする（ステップS30）。図10(2)では、 $D(7)$ 、 $D(8)$ 、 $D(9)$ が置き換えられる。

【0025】

例えば $r_a = R_M$ であったとき、 $F_2(x) = 1$ なので、 $G(x) = F_1(x)$

）となる。すると、補間対象区間は周波数が $f_s / 2 L_1$ の正弦波波形で、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭まで単調に増加するように補間される（図 10（2）の補間曲線 C と補間データ $D_{7,1}$ 、 $D_{8,1}$ 、 $D_{9,1}$ 参照）。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$ であれば、入力デジタルデータ列の内、第 1 同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2 L_1$ の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を周波数が $f_s / 2 L_1$ の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M / 2$ であったとき、補間対象区間は周波数が $f_s / 2 L_1$ の正弦波波形を少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される（図 10（2）の補間曲線 D と補間データ $D_{7,2}$ 、 $D_{8,2}$ 、 $D_{9,2}$ 参照）。このとき、量子化ノイズの低減は少し小さくなるが、入力デジタルデータ列の内、第 1 同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2 L_1$ の周波数成分は大きくなかったもので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

【0026】

ステップ S 30 のあと、DSP 3 は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第 2 同一値連続区間を新たな第 1 同一値連続区間とし（ステップ S 26）、図 3 のステップ S 15 に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。

第 1 メモリ 2 A に記憶された補間後の量子化ビット長 = n' ビットのデジタルデータ列 D_0 、 D_1 、 D_2 、 \dots は、図 7 のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$ の周期で逐次読み出され、デジタルデータ列 G_0 、 D_1 、 D_2 、 \dots として出力される。

【0027】

この実施の形態によれば、デジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が 2 つ続けて出現したとき、前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする。そして、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前で、第 2 同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第 1 同一値連続区間全体とし、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化

する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有していた周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるのを回避しながら違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【 0 0 2 8 】

加えて、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有していた周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると或る周波数成分を強調し過ぎる恐れが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理もできる。

具体的には、補間対象区間の時間長さを T とすると、補間波形により周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分を強調し過ぎる恐れが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとすると周波数 $f = 1 / 2 T$ の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じるときは、周波数 $f = 1 / 2 T$ を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をすることができる。

この結果、例えば、入力デジタルデータ列が図 1 2 (1) の如きであったとき、本実施の形態の補間装置の出力は図 1 2 (2) の如くなり、量子化ノイズが大幅に低減されていることが判る。また、入力デジタルデータ列が図 2 0 (1) の如きであった場合、本実施の形態の補間装置の出力は図 1 3 の如くなり、従

来の可変ローパスフィルタを用いた場合と比べて（図 2 4（2）参照）、量子化ノイズを抑えられることが判る。

【0 0 2 9】

なお、上記した実施の形態では第 1 同一値連続区間と第 2 同一値連続区間の内、第 1 同一値連続区間に、第 2 同一値連続区間と同じ長さの補間対象区間を設定するようにしたが、反対に、第 2 同一値連続区間に、第 1 同一値連続区間と同じ長さの補間対象区間を設定するようにしても良い。具体的には、DSP 3 は図 3 ～図 7 のフローチャートの内、図 3 と図 4 のメイン処理をそれぞれ図 1 4 と図 1 5 に代えて行うようにすれば良い。

図 1 4 と図 1 5 の処理について、簡単に説明する。但し、入力デジタルデータ列 d_0 、 d_1 、 \dots は図 9、図 1 0 の場合と同一とする。図 3 のステップ S 1 0 ～S 1 9 と全く同様にして、第 1 メモリ 1 2 A のアドレス 1 ～5 のデータ D_1 ～ D_5 を第 1 同一値連続区間、アドレス 6 ～9 を第 2 同一値連続区間として探索したあと（図 1 4 のステップ S 1 0 ～S 1 9。図 9 参照）、第 2 同一値連続区間の先頭アドレス S_2 を、FFT 結果の利用可能対象アドレス範囲 C_1 ～ C_2 に含むような FFT が完了しているかチェックする（ステップ S 2 0'）。

【0 0 3 0】

ステップ S 2 0' で YES となったとき、DSP 3 は L_1 と L_2 を比較し（図 1 5 のステップ S 2 1）、 $L_2 \geq L_1$ であれば、第 2 同一値連続区間の内、第 1 同一値連続区間の直後の L_2 個の範囲を補間対象区間として決定し（ステップ S 2 2'）、反対に $L_2 < L_1$ であれば、第 2 同一連続区間全てを補間対象区間として決定する（ステップ S 2 7'）。

ここで、音楽等、多くのソース信号は周期性を有しており、或る時間窓で FFT により周波数成分を分析し、周波数スペクトラムを見ると幾つかの周波数でスペクトルが立っていることが判る。また、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では同一値連続区間も周期的に出現することが多い。そこで、補間対象区間の補間波形を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにすると、元のデジタルデータ列の有する周波数成分から見て、或

る周波数成分がとくに強調され過ぎるのを回避しながら、量子化ノイズを低減可能となる。

この変形例では、量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間以上あるときは、補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後で、第1同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短いときは、補間対象区間を第2同一値連続区間全体とし、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないようにしながら違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【0031】

加えて、この実施の形態では、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、元のデジタルデータ列の有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎる恐れが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとする或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理を実行している。

例えば、補間対象区間の時間長さを T とすると、補間波形により周波数 $f = 1$

$1/2T$ の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎる恐れが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとするとき周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じてしまうときは、周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするようにしている。

具体的には、補間対象区間の時間長さを T とすると、補間波形により周波数 $f = 1/2T$ の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとするとき周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎるおそれが強く、聴感上の違和感が生じてしまうときは、周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするようにしている。

【0032】

図16(1)の場合、ステップS21'でNOとなるので、ステップS27'を経てステップS28'に進む。DSP3は第2メモリ2Bの内、アドレス S_2 をFFTによる周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含む記憶領域(ここでは第1記憶領域)に記憶された周波数別の振幅値、スペクトルの相対長さを参照して、補間対象区間の時間長さを T として、 $1/2T = f_s / 2L_2$ の周波数の振幅値を q_a 、スペクトルの相対長さを r_a 、振幅値が最大となっている周波数 f_{\max} の振幅値を q_{\max} 、スペクトルの相対長さを r_{\max} とする(図2参照)。そして、 r_a / r_{\max} が所定の基準値 C_0 以上の大きさが有るかチェックする(ステップS29)。 $r_a / r_{\max} \geq C_0$ でないときはノイズによる誤差の影響が大きくなり、正確な補間ができないので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようにする。ステップS29でYESとなったときは

、今回の補間対象区間について、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に値が変化するような補間関数に従い、第 1 メモリ 2 A の上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する（ステップ S 3 0'）。

この補間処理では、補間前のデジタルデータ列に対する第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間での F F T による周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に補間波形を定める補間関数を変化させるが、ここでは一例として、 r_a の R_M に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に補間関数を変化させる。

【 0 0 3 3 】

具体的には、正規化した第 1 の関数 $F_1(x)$ として、

$$F_1(x) = (1/2) - (1/2) \cdot \cos(x\pi/2)$$

但し、 x の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく（図 1 1 (1) 参照）。

更に、正規化した第 2 の関数 $F_2(x)$ として、

$r_a \neq R_M$ のとき

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (r_a/R_M)\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

$r_a = R_M$ のとき

$$F_2(x) = 1$$

但し、 x の定義域 $0 \sim 2$

を定めておく（図 1 1 (2) 参照）。

$G(x)$ を、

$$G(x) = F_1(x) \cdot F_2(x)$$

但し、 x の定義域 $0 \sim 2$

により定め、 r_a の R_M に対する相対的な大きさの大小に応じて適応的に変化する補間関数 $Y(E_1 + j)$ を、次式で定義する（ j は離散変数、 $E_1 + j$ は第 1 メモリ 2 A のアドレスを指す）。

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j/L_2)$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

DSP 3 はステップ S 2 1' で NO、ステップ S 2 9 で YES となると、第 1

メモリ 2A のアドレス ($E_1 + j$) のデータ $D(E_1 + j)$ を、 $Y(E_1 + j)$ で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする (ステップ S30')。図 16 (1) では、 $D(6)$ 、 $D(7)$ 、 $D(8)$ が置き換えられる。

【0034】

例えば $r_a = R_M$ であったとき、 $F_2(x) = 1$ なので、 $G(x) = F_1(x)$ となる。すると、補間対象区間は周波数が $f_s / 2L_2$ の正弦波波形で、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に増加するように補間される (図 16 (1) の補間曲線 A' と補間データ $D_{6,1}$ 、 $D_{7,1}$ 、 $D_{8,1}$ 参照)。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$ であれば、入力デジタルデータ列の内、第 2 同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2L_2$ の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を周波数が $f_s / 2L_2$ の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M / 2$ であったとき、補間対象区間は周波数が $f_s / 2L_2$ の正弦波波形を少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される (図 16 (1) の補間曲線 B' と補間データ $D_{6,2}$ 、 $D_{7,2}$ 、 $D_{8,2}$ 参照)。このとき、量子化ノイズの低減は少し小さくなるが、入力デジタルデータ列の内、第 1 同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2L_2$ の周波数成分は大きくなかったもので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

【0035】

ステップ S30' のあと、DSP3 は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第 2 同一値連続区間を新たな第 1 同一値連続区間とし (ステップ S26)、図 314 のステップ S15 に戻る。ステップ S15 では、DSP3 は第 1 メモリ 2A を参照して第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする存在しなければ第 1 メモリ 2A を参照して入力デジタルデータ列中の次の同一値連続区間を探索し (ステップ S16、S17)、見つければステップ S13 に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図16(2)に示す如く、アドレス $S_1 = 6$ から $E_1 = 9$ までの第1同一値連続区間の直後に、第1同一値連続区間とは異なる値での他の同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該他の同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする(ステップS18)。最新の入力データが当該他の同一値連続区間の最後に当たる場合はまだ確定していないと判断し、その後のデータ入力で確定するのを待つが、当該他の同一値連続区間の直後に、等該他の同一値連続区間とは異なる値のデータが格納されているときは、当該他の同一値連続区間の最後尾が確定していると判断し(図16(2)参照)、当該他の同一値連続区間を第2同一値連続区間とし、先頭アドレスを S_2 、最後尾アドレスを E_2 、データ値を Y_2 、データ数を L_2 として記憶する(ステップS19)。図16(2)の場合、 $S_2 = 10$ 、 $E_2 = 14$ 、 $L_2 = 5$ となる。

【0036】

次に、DSP3は第2同一値連続区間の先頭アドレス $S_2 = 10$ を、FFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含むFFTが完了しているかチェックし(図14のステップS20')、ここではYESであるとする、図15のステップS21に進む。ステップS21ではDSP3は L_1 と L_2 を比較し、ここでは $L_2 \geq L_1$ なのでステップS22'に進み、第1同一値連続区間の直後に続く L_1 個の範囲を補間対象区間として決定する。

補間対象区間を第1同一値連続区間と同じ時間長さとすることで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるのを回避し、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【0037】

第2メモリ2Bの内、アドレス S_2 をFFT処理による周波数成分の分析結果の利用対象アドレス範囲 $C_1 \sim C_2$ に含む第1記憶領域に記憶された周波数別の振幅値を参照して、 $f_s / 2L_1$ の周波数成分の振幅値を q_a 、スペクトルの相

対長さを r_a 、振幅値が最大となっている周波数 f_{\max} の成分の振幅値を q_{\max} 、スペクトルの相対長さを r_a とする（ステップ S 2 3'）。そして、 r_a / r_{\max} が所定の基準値 C_0 以上の大きさが在るかチェックする（ステップ S 2 4）。 $r_a / r_{\max} \geq C_0$ でないときは、ノイズによる誤差の影響が大きくなるので、今回の補間対象区間について補間処理はしないようにする。ステップ S 2 4 で Y E S となったときは、今回の補間対象区間について、補間前のデジタルデータ列に対する補間対象区間近傍での F F T による周波数成分の分析の結果に応じて、適応的に変化させた補間関数に従い、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に変化するように、第 1 メモリ 2 A の上で補間対象区間の途中のデジタルデータの値を置き換えて補間処理する（ステップ S 2 5'）。

【0038】

具体的には、D S P 3 はステップ S 2 1' で Y E S、S 2 4 で Y E S となると、補間関数 $Y(E_1 + j)$ を（ j は離散変数。 $E_1 + j$ は第 1 メモリ 2 A のアドレスを指す）、

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + (Y_2 - Y_1) \cdot G(2j / L_1)$$

$$\text{但し、} j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$$

として、第 1 メモリ 2 A のアドレス $(E_1 + j)$ のデータ $D(E_1 + j)$ を、 $Y(E_1 + j)$ で置き換えることで、今回の補間対象区間の補間をする（ステップ S 2 5'）。図 1 6（2）では、 $D(10)$ 、 $D(11)$ 、 $D(12)$ が置き換えられる。

【0039】

例えば $r_a = R_M$ であったとき、 $F_2(x) = 1$ なので、 $G(x) = F_1(x)$ となる。すると、補間対象区間は周波数が $f_s / 2L_1$ の正弦波波形で、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭まで単調に増加するように補間される（図 1 6（2）の補間曲線 C' と補間データ $D_{10,1}$ 、 $D_{11,1}$ 、 $D_{12,1}$ 参照）。このとき、量子化ノイズは大きく低減される。 $r_a = R_M$ であれば、入力デジタルデータ列の内、第 2 同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見るとき、 $f_s / 2L_1$ の周波数成分が元々大きな値で存在しているので、補間対象区間を

周波数が $f_s / 2L_1$ の正弦波波形で補間しても、耳障りな音が出ることはない。

また、 $r_a = R_M / 2$ であったとき、補間対象区間は周波数が $f_s / 2L_1$ の正弦波波形を少し押し潰したような波形曲線に沿って補間される（図16（2）の補間曲線 D' と補間データ $D_{11,2}$ 、 $D_{12,2}$ 、 $D_{13,2}$ 参照）。このとき、量子化ノイズの低減は小さくなるが、入力デジタルデータ列の内、第2同一値連続区間を含む前後或る所定期間で見たとき、 $f_s / 2L_1$ の周波数成分は大きくなかったので、補間波形により耳障りな音が強調されるのを避けることができる。

【0040】

ステップ S25' のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし（ステップ S26）、図14のステップ S15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長 = n' ビットのデジタルデータ列 D_0 、 D_1 、 D_2 、... は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$ の周期で逐次読み出され、デジタルデータ列 G_0 、 D_1 、 D_2 、... として出力される。

【0041】

この変形例によれば、デジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後で、第1同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第2同一値連続区間の長さが第1同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第2同一値連続区間全体とし、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるのを回避して、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも

、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【0042】

加えて、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数成分を分析し、周波数成分の分析結果に応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても、補間前のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとする或る周波数成分を強調し過ぎるおそれが強いときは、当該或る周波数成分を強調し過ぎない範囲で量子化ノイズの低減をするという高度な補間処理ができる。

具体的には、補間対象区間の時間長さをTとすると、補間波形により周波数 $f = 1/2T$ の成分が強調され易い。そこで、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有する周波数 $f = 1/2T$ の成分の大きさに応じて適応的に補間関数を変化させることで、量子化ノイズの大幅な低減をしても周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎる恐れが少ないときは、量子化ノイズの低減を優先して行い、量子化ノイズの大幅な低減をしようとする周波数 $f = 1/2T$ の成分を強調し過ぎる恐れが強く、聴感上の違和感が生じるときは、周波数 $f = 1/2T$ の成分が目立たない範囲で量子化ノイズの低減をすることができる。

【0043】

なお、図4、図15のステップS25、S25'、S30、S30'において、 $F_2(x)$ は次式に代えても良い。

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (r_a / r_{\max})\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

(但し、 $r_a \neq r_{\max}$ のとき)

$$F_2(x) = 1$$

(但し、 $r_a = r_{\max}$ のとき)

或いは、

$$F_2(x) = 1 - \{1 - (q_a / q_{\max})\} \cdot \{1 - (x-1)^2\}^{1/2}$$

(但し、 $q_a \neq q_{\max}$ のとき)

$$F_2(x) = 1$$

(但し、 $q_a = q_{\max}$ のとき)

更に、図4、図15のステップS24、S29は、

r_a / r_{\max} が C_0 以上か判断する代わりに、 q_a / q_{\max} が C_0 (C_0 は所定の基準値) 以上か判断するようにしても良い。

【0044】

また、上記した実施の形態と変形例では、第1同一値連続区間または第2同一値連続区間中の補間対象区間を曲線補間するようにしたが、直線補間するようにしてもよい。

具体的には、第1同一値連続区間中に補間対象区間を取って直線補間する場合、DSP3は図3～図7のフローチャートの内、図3と図4のメイン処理をそれぞれ図17と図18に代えて行うようにすれば良い。

図17と図18の処理について、簡単に説明する。但し、入力デジタルデータ列 d_0 、 d_1 、 \dots は図9、図10の場合と同一とする。図3のステップS10～S19と全く同様にして、第1メモリ12Aのアドレス1～5のデータ $D_1 \sim D_5$ を第1同一値連続区間、アドレス6～9を第2同一値連続区間とする(図17のステップS10～S19。図19(1)参照)。

【0045】

次に、DSP3は L_1 と L_2 を比較し(図18のステップS21)、 $L_1 \geq L_2$ であれば、第1同一連続区間の内、第2同一値連続区間の直前の L_2 個のデータ範囲を補間対象区間として決定する(ステップS22)。 $L_1 < L_2$ であれば、第1同一値連続区間全体を補間対象区間として決定する(ステップS27)。

ここで、音楽等、多くのソースの信号波形は周期性を有しており、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多々、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が2つ続けて現れた部分を検出して前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とすると、第2同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第1同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、

第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前の L_2 個のデータ範囲とし、第 1 同一値連続区間の長さが第 2 同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第 1 同一値連続区間全体とすることで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、元のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後の或る所定期間で有している周波数成分に適合させることができ、元のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎることなく量子化ノイズを効果的に低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【 0 0 4 6 】

図 1 9 (1) ではステップ S 2 1 で Y E S となるので、D S P 3 はステップ S 2 2 の処理をしたあと、今回の補間対象区間について、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭まで単調に直線的に変化するような補間関数に従い、第 1 メモリ 2 A の上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する (ステップ S 6 0) 。

具体的には、第 1 メモリ 2 A の内、補間対象区間の各データのアドレス ($S_1 + j$) と補間後の各データの値 Y との関係を示す補間関数 $Y (S_1 + j)$ を (j は離散変数。 $S_1 + j$ は第 1 メモリ 2 A のアドレスを指す) 、

$$Y (S_1 + j) = Y_1 + \{ (Y_2 - Y_1) / L_2 \} \cdot j$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$

とし、第 1 メモリ 2 A の内、アドレス 3、4、5 のデータ D_3 、 D_4 、 D_5 について、

$$D (S_1 + j) \leftarrow Y (S_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う (図 1 9 (1) の補間直線 E と D_3 '、 D_4 '、 D_5 ' 参照) 。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 6 0 のあと、D S P 3 は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第 2 同一値連続区間を新たな第 1 同一値連続区間とし (ステップ S 2 6) 、図 1 7 のステップ S 1 5 に戻る。ステップ S 1 5 では、D S P

具体的には、第1メモリ2Aの内、補間対象区間の各データのアドレス ($S_1 + j$) と補間後の各データの値 Y との関係を示す補間関数 $Y(S_1 + j)$ を (j は離散変数。 $S_1 + j$ は第1メモリ2Aのアドレスを指す)、

$$Y(S_1 + j) = Y_1 + \{(Y_2 - Y_1) / L_1\} \cdot j$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$

とし、第1メモリ2Aの内、アドレス7、8、9のデータ D_7 、 D_8 、 D_9 について、

$$D(S_1 + 1) \leftarrow Y(S_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う (図19(2)の補間直線 F と D_7' 、 D_8' 、 D_9' 参照)。

【0050】

ステップS61のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし (ステップS26)、図17のステップS15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。

第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長 = n' ビットのデジタルデータ列 D_0 、 D_1 、 D_2 、 \dots は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$ の周期で逐次読み出され、デジタルデータ列 G_0 、 D_1 、 D_2 、 \dots として出力される。

【0051】

図17、図18の変形例によれば、デジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第1同一値連続区間の内、第2同一値連続区間の直前で、第2同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第1同一値連続区間の長さが第2同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第1同一値連続区間全体とし、補間対象区間の先頭から第2同一値連続区間の先頭までを結ぶように直線補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第2同一値連続区間の前後に渡る或る所定

期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、元のデジタルデータ列が第 1 同一値連続区間の前後で有している周波数成分から見て、或る周波数成分が強調され過ぎるのを回避して、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【 0 0 5 2 】

なお、図 1 7、図 1 8 の例では第 1 同一値連続区間中に補間対象区間を設定して直線補間するようにしたが、第 2 同一値連続区間中の補間対象区間を設定して直線補間するようにしてもよい。

具体的には、DSP 3 は図 3 ～図 7 のフローチャートの内、図 3 と図 4 のメイン処理をそれぞれ図 1 7 と図 2 0 に代えて行うようにすれば良い。

図 1 7 と図 2 0 の処理について、簡単に説明する。但し、入力デジタルデータ列 d_0 、 d_1 、 \dots は図 9、図 1 0 の場合と同一とする。図 3 のステップ S 1 0 ～S 1 9 と全く同様にして、第 1 メモリ 1 2 A のアドレス 1 ～5 のデータ $D_1 \sim D_5$ を第 1 同一値連続区間、アドレス 6 ～9 を第 2 同一値連続区間とする（図 1 7 のステップ S 1 0 ～S 1 9。図 2 1 (1) 参照）。

【 0 0 5 3 】

次に、DSP 3 は L_1 と L_2 を比較し（図 2 0 のステップ S 2 1'）、 $L_2 \geq L_1$ であれば、第 2 同一連続区間の内、第 1 同一値連続区間の直後の L_1 個のデータ範囲を補間対象区間として決定する（ステップ S 2 2'）。 $L_2 < L_1$ であれば、第 2 同一値連続区間全体を補間対象区間として決定する（ステップ S 2 7'）。

ここで、音楽等、多くのソースの信号波形は周期性を有しており、デジタル音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列中には同一値連続区間が周期的に出現することも多く、デジタルデータ列中に互いに値の異なる同一値連続区間が 2 つ続けて現れた部分を検出して前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とすると、第 2 同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多く、第 1 同一値連続区間と同様の同一値連続区間の周期的出現による周波数成分が存在する場合も多い。そこで、

第 2 同一値連続区間の長さが第 1 同一値連続区間以上あるときは補間対象区間を、第 2 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直後の L_1 個のデータ範囲とし、第 2 同一値連続区間の長さが第 1 同一値連続区間より短いときは補間対象区間を第 2 同一値連続区間全体とすることで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、元のデジタルデータ列の信号波形が第 2 同一値連続区間の前後の或る所定期間で有している周波数成分に適合させることができ、元のデジタルデータ列が有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎることなく量子化ノイズを効果的に低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【0054】

図 2 1 (1) ではステップ S 2 1 ' で NO となるので、DSP 3 はステップ S 2 7 ' の処理をしたあと、今回の補間対象区間について、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に直線的に変化するような補間関数に従い、第 1 メモリ 2 A の上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換えることで補間処理する (ステップ S 6 1 ')。

具体的には、第 1 メモリ 2 A の内、補間対象区間の各データのアドレス ($E_1 + j$) と補間後の各データの値 Y との関係を示す補間関数 $Y(E_1 + j)$ を (j は離散変数)、

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + \{(Y_2 - Y_1) / L_2\} \cdot j$$

$$\text{但し、} j = 1, 2, \dots, (L_2 - 1)$$

とし、第 1 メモリ 2 A の内、アドレス 6、7、8 のデータ D_6 、 D_7 、 D_8 について、

$$D(E_1 + 1) \leftarrow Y(E_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う (図 2 1 (1) の補間直線 E' と D_6' 、 D_7' 、 D_8' 参照)。

【0055】

ステップ S 6 1 ' のあと、DSP 3 は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第 2 同一値連続区間を新たな第 1 同一値連続区間とし (ステップ S 2 6)、図 1 7 のステップ S 1 5 に戻る。ステップ S 1 5 では、DS

P 3 は第 1 メモリ 2 A を参照して第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での同一値連続区間が存在するかチェックする。存在しなければ第 1 メモリ 2 A を参照して入力デジタルデータ列中の次の同一値連続区間を探索し（ステップ S 1 6、S 1 7）、見つければステップ S 1 3 に進んで、前述と同様の処理をする。

ここでは図 2 1 (2) に示す如く、アドレス $S_1 = 6$ から $E_1 = 9$ までの第 1 同一値連続区間の直後に、第 1 同一値連続区間とは異なる値での他の同一値連続区間が存在していたとすると、続いて該他の同一値連続区間の最後尾が確定しているかチェックする（ステップ S 1 8）。YES であれば、当該他の同一値連続区間を第 2 同一値連続区間とし、先頭アドレスを S_2 、最後尾アドレスを E_2 、データ値を Y_2 、データ数を L_2 として記憶する（ステップ S 1 9）。図 2 1 (2) の場合、 $S_2 = 10$ 、 $E_2 = 14$ 、 $L_2 = 5$ となる。

【 0 0 5 6 】

次に、図 2 0 のステップ S 2 1 ' に進む。ステップ S 2 1 ' では L_1 と L_2 を比較し、 $L_2 \geq L_1$ であるので、第 2 同一連続区間の内、第 1 同一値連続区間の直後の L_1 個のデータの在る範囲を補間対象区間として決定する（ステップ S 2 2 '）。音楽信号等で量子化ノイズの大きなデジタルデータ列では、第 2 同一値連続区間の前後で、第 2 同一値連続区間と同様の同一値連続区間が周期的に出現することも多く、 $L_2 \geq L_1$ の場合に、補間対象区間を第 1 同一値連続区間と同じ時間長さとする事で、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、元のデジタルデータ列の信号波形が第 2 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させることができ、デジタルデータ列が第 2 同一値連続区間の前後で有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないようにしながら、量子化ノイズを効果的に低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 2 2 ' に続いて、今回の補間対象区間について、第 1 同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾まで単調に直線的に変化するような補間関数に従い、第 1 メモリ 2 A の上で補間対象区間のデジタルデータの値を置き換

えることで補間処理する（ステップS60'）。

具体的には、第1メモリ2Aの内、補間対象区間の各データのアドレス（ $E_1 + j$ ）と補間後の各データの値 Y との関係を示す補間関数 $Y(E_1 + j)$ を（ j は離散変数）、

$$Y(E_1 + j) = Y_1 + \{(Y_2 - Y_1) / L_1\} \cdot j$$

但し、 $j = 1, 2, \dots, (L_1 - 1)$

とし、第1メモリ2Aの内、アドレス10、11、12のデータ D_{10} 、 D_{11} 、 D_{12} について、

$$D(E_1 + 1) \leftarrow Y(E_1 + j)$$

の計算式に従い置き換えて補間処理を行う（図21（2）の直線 F' と D_{10}' 、 D_{11}' 、 D_{12}' 参照）。

【0058】

ステップS60'のあと、DSP3は $S_1 \leftarrow S_2$ 、 $E_1 \leftarrow E_2$ 、 $Y_1 \leftarrow Y_2$ 、 $L_1 \leftarrow L_2$ として今回の第2同一値連続区間を新たな第1同一値連続区間とし（ステップS26）、図17のステップS15に戻り、以下、同様の処理を繰り返す。

第1メモリ2Aに記憶された補間後の量子化ビット長= n' ビットのデジタルデータ列 D_0 、 D_1 、 D_2 、 \dots は、図7のデータ出力割り込み処理により、 $1/f_s$ の周期で逐次読み出され、デジタルデータ列 G_0 、 D_1 、 D_2 、 \dots として出力される。

【0059】

図17、図20の変形例によれば、デジタルデータ列中に、互いに異なる値での同一値連続区間が2つ続けて出現したとき、前者を第1同一値連続区間、後者を第2同一値連続区間とする。そして、第2同一値連続区間が第1同一値連続区間以上の長さを有するときは、補間対象区間を、第2同一値連続区間の内、第1同一値連続区間の直後で、第1同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、第2同一値連続区間が第1同一値連続区間より短いときは、第2同一値連続区間全体を補間対象区間とし、第1同一値連続区間の最後尾から補間対象区間の最後尾までを結ぶように直線補間を行うことで、補間対象区間の補間波形のsin波成分を

、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第1同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させるようにしている。これにより、補間前のデジタルデータ列が第2同一値連続区間の前後で有する周波数成分から見て、或る周波数成分を強調し過ぎないことで、違和感なく量子化ノイズを低減可能となる。しかも、ローパスフィルタを用いないので、群遅延特性が悪化することもない。

【0060】

また、上記した実施の形態や各変形例では $n=8$ 、 $m=4$ を例に挙げて説明したが、本発明は何らこれに限定されるものでなく、 $n=16$ 、 $m=4$ としたり、 $n=20$ 、 $m=6$ とするなど、他の値であっても同様に適用できるものである。また、入力端子には、 d_0 、 d_1 、 d_2 、 \dots を下位側に m ビット拡張済のデータ列 d_0' 、 d_1' 、 d_2' 、 \dots を入力させるようにし、DSP はこれらのデータをそのまま第1メモリに書き込むようにした場合にも同様に適用することができる。

また、入力データ列は圧縮音楽データを伸長したデジタルデータに限定されず、圧縮映像データや圧縮画像データを伸長したデジタルデータなど、他の種類であっても良い。

【0061】

【発明の効果】

本発明によれば、量子化ノイズの大きなデータ列に対しても、群遅延特性を悪化させることなく量子化ノイズを効果的に抑制できる補間方法、補間装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明一つの実施の形態に係る補間装置の構成を示すブロック図である。

【図2】

図1中のDSP（デジタルシグナルプロセッサ）が行うFFT処理結果を示す周波数スペクトラムの線図である。

【図3】

図 1 中の D S P (ディジタルシグナルプロセッサ) のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 4】

図 1 中の D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 5】

図 1 中の D S P の F F T 処理を示すフローチャートである。

【図 6】

図 1 中の D S P のデータ入力処理を示すフローチャートである。

【図 7】

図 1 中の D S P のデータ出力処理を示すフローチャートである。

【図 8】

図 1 中の D S P の F F T 動作の説明図である。

【図 9】

図 1 中の D S P の補間動作の説明図である。

【図 1 0】

図 1 中の D S P の補間動作の説明図である。

【図 1 1】

補間関数を説明するための線図である。

【図 1 2】

図 1 の補間装置による補間動作を示す線図である。

【図 1 3】

図 1 の補間装置による補間動作を示す線図である。

【図 1 4】

図 1 の変形例に係る D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 1 5】

図 1 の変形例に係る D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 1 6】

図 1 の変形例に係る D S P の補間動作の説明図である。

【図 1 7】

図 1 の他の変形例に係る D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 1 8】

図 1 の他の変形例に係る D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 1 9】

図 1 の他の変形例に係る D S P の補間動作の説明図である。

【図 2 0】

図 1 の更に他の変形例に係る D S P のメイン処理を示すフローチャートである。

【図 2 1】

図 1 の更に他の変形例に係る D S P の補間動作の説明図である。

【図 2 2】

従来の可変ローパスフィルタの周波数特性を示す線図である。

【図 2 3】

従来の可変ローパスフィルタ式の補間動作を説明する線図である。

【図 2 4】

従来の可変ローパスフィルタ式の補間動作を説明する線図である。

【符号の説明】

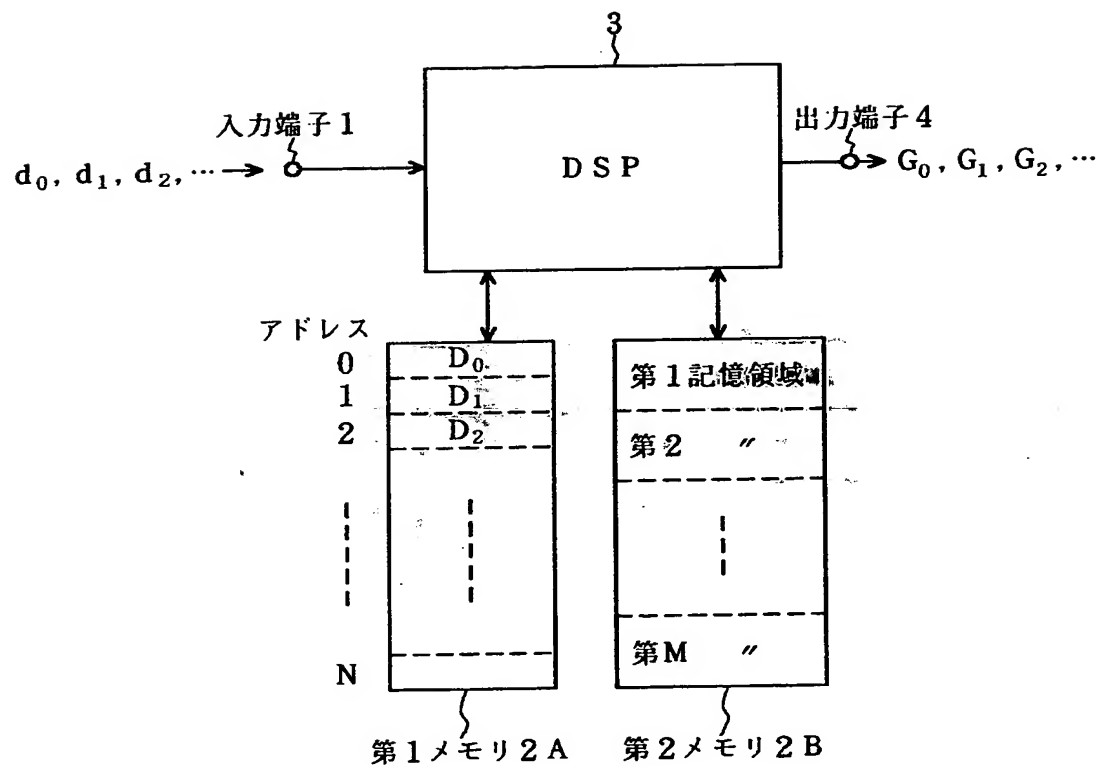
2 A 第 1 メモリ

2 B 第 2 メモリ

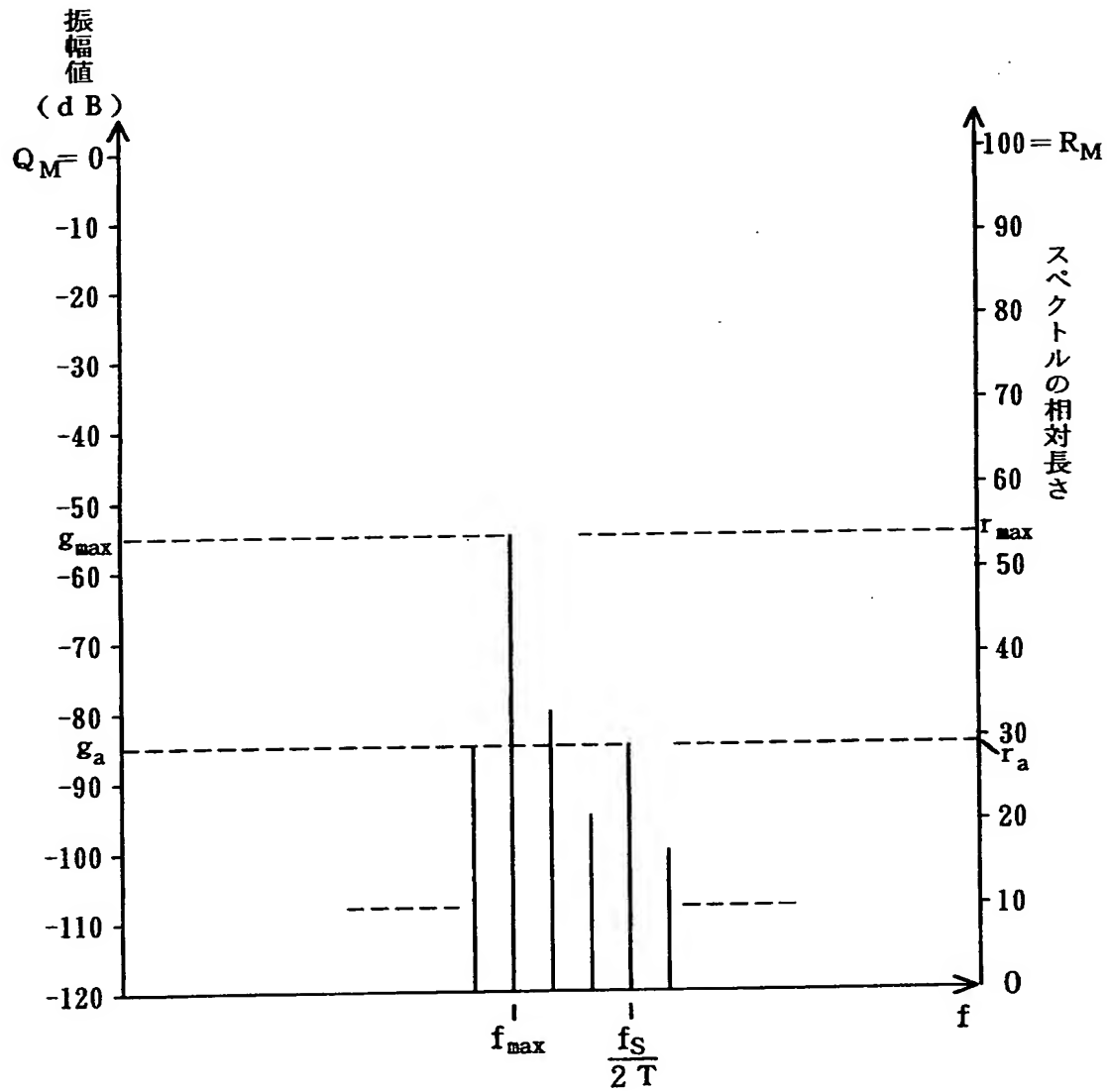
3 D S P (デジタルシグナルプロセッサ)

【書類名】 図面

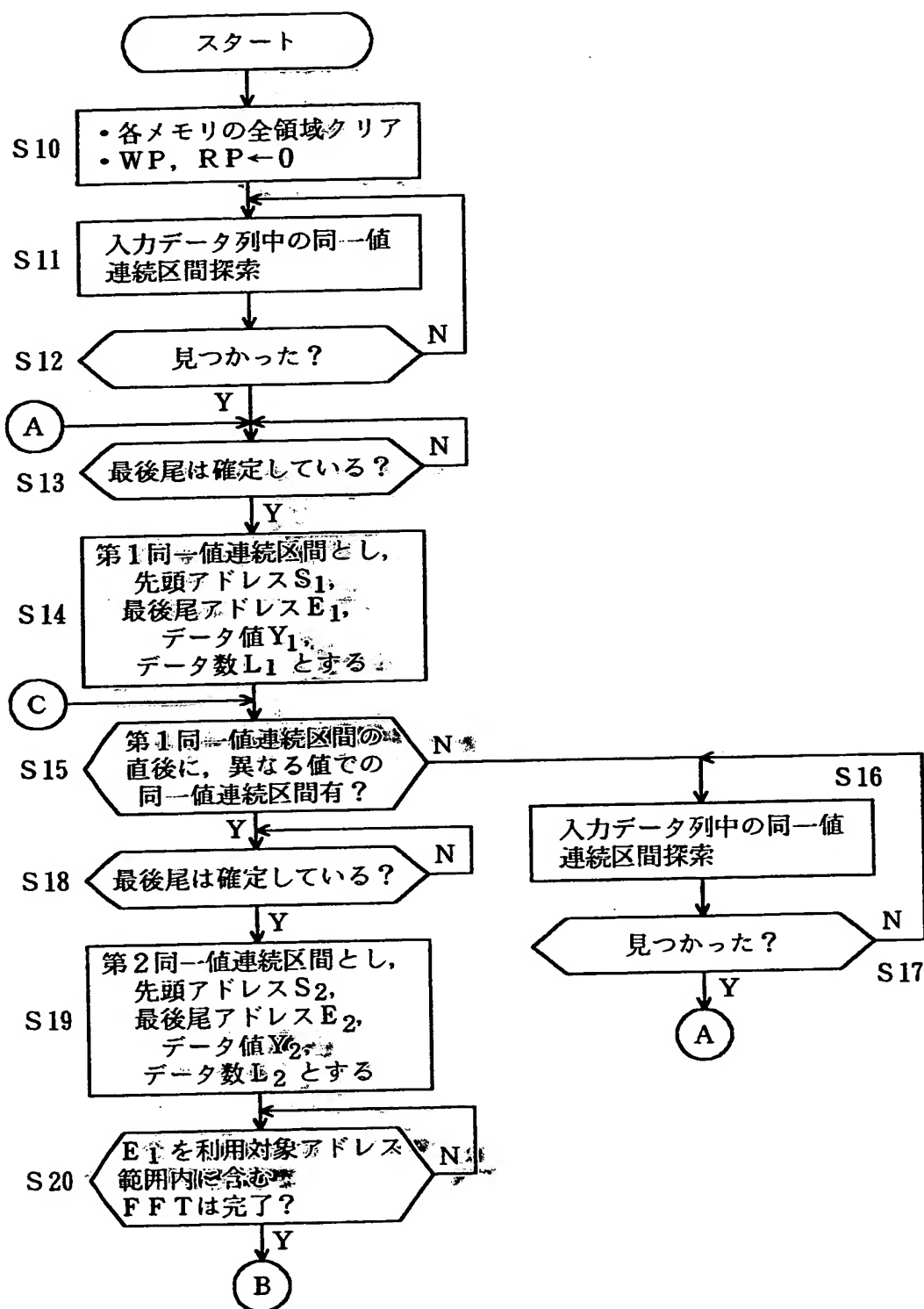
【図 1】



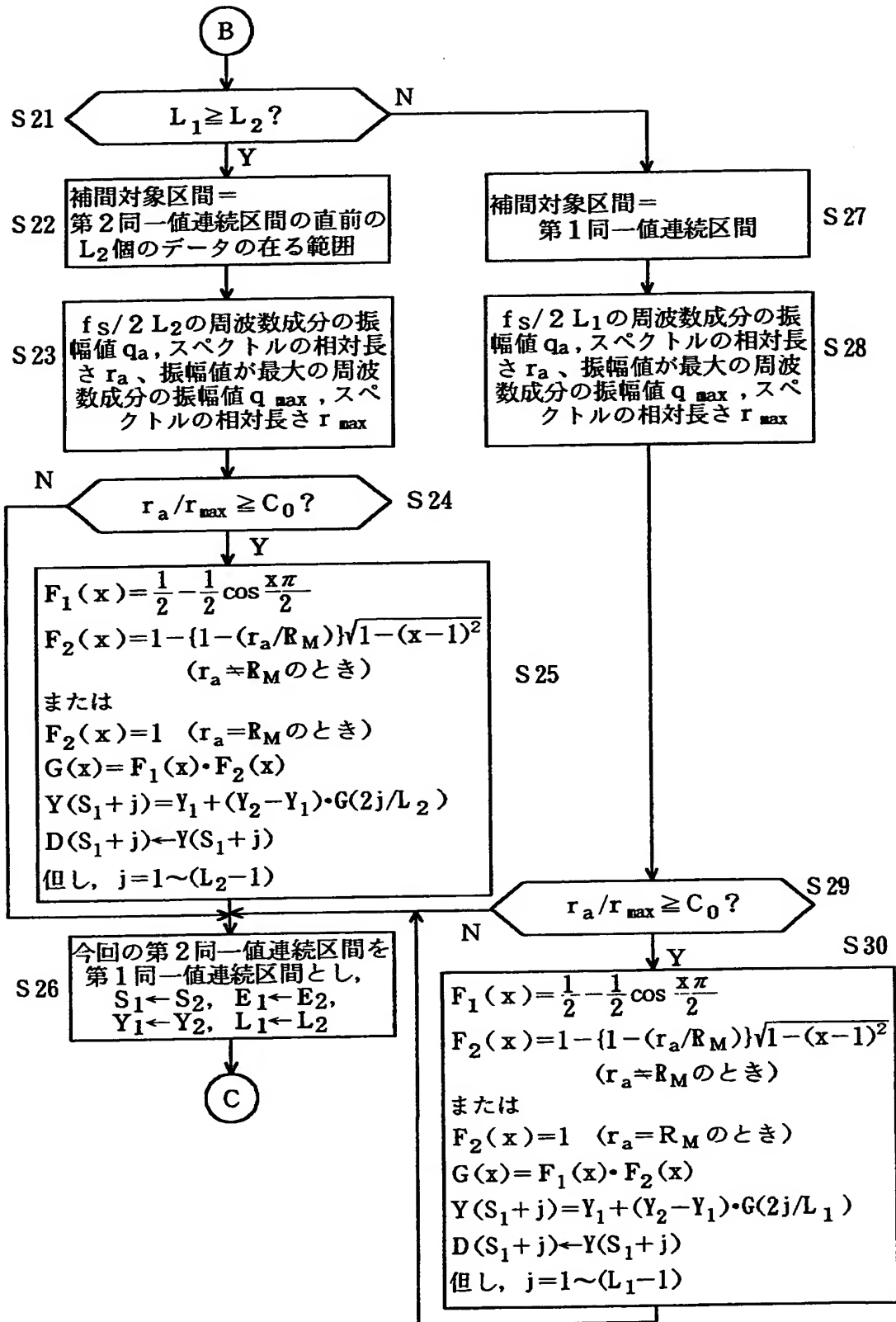
【図 2】



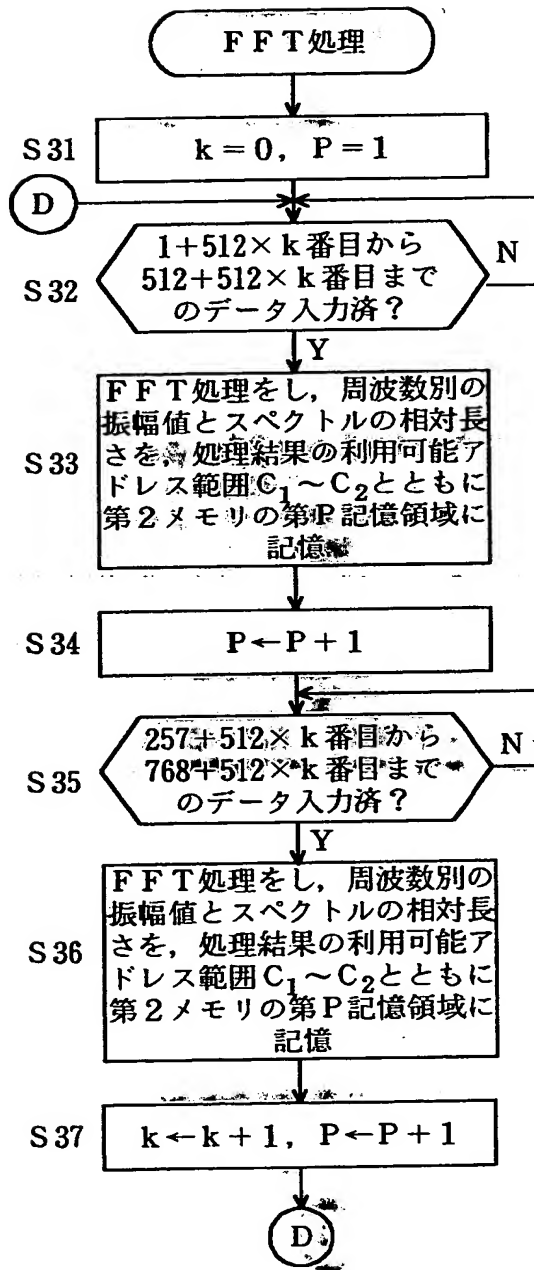
【図 3】



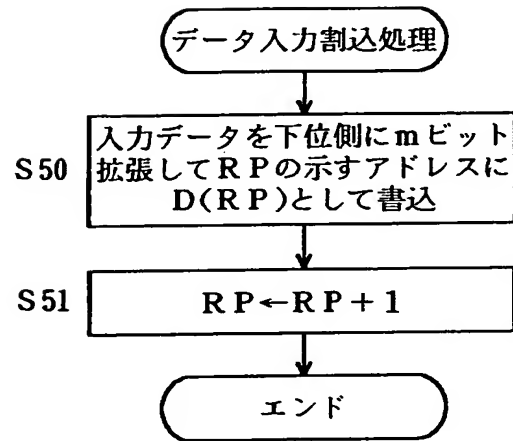
【図 4】



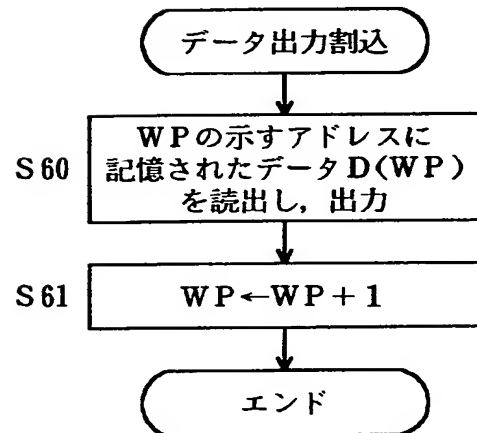
【図 5】



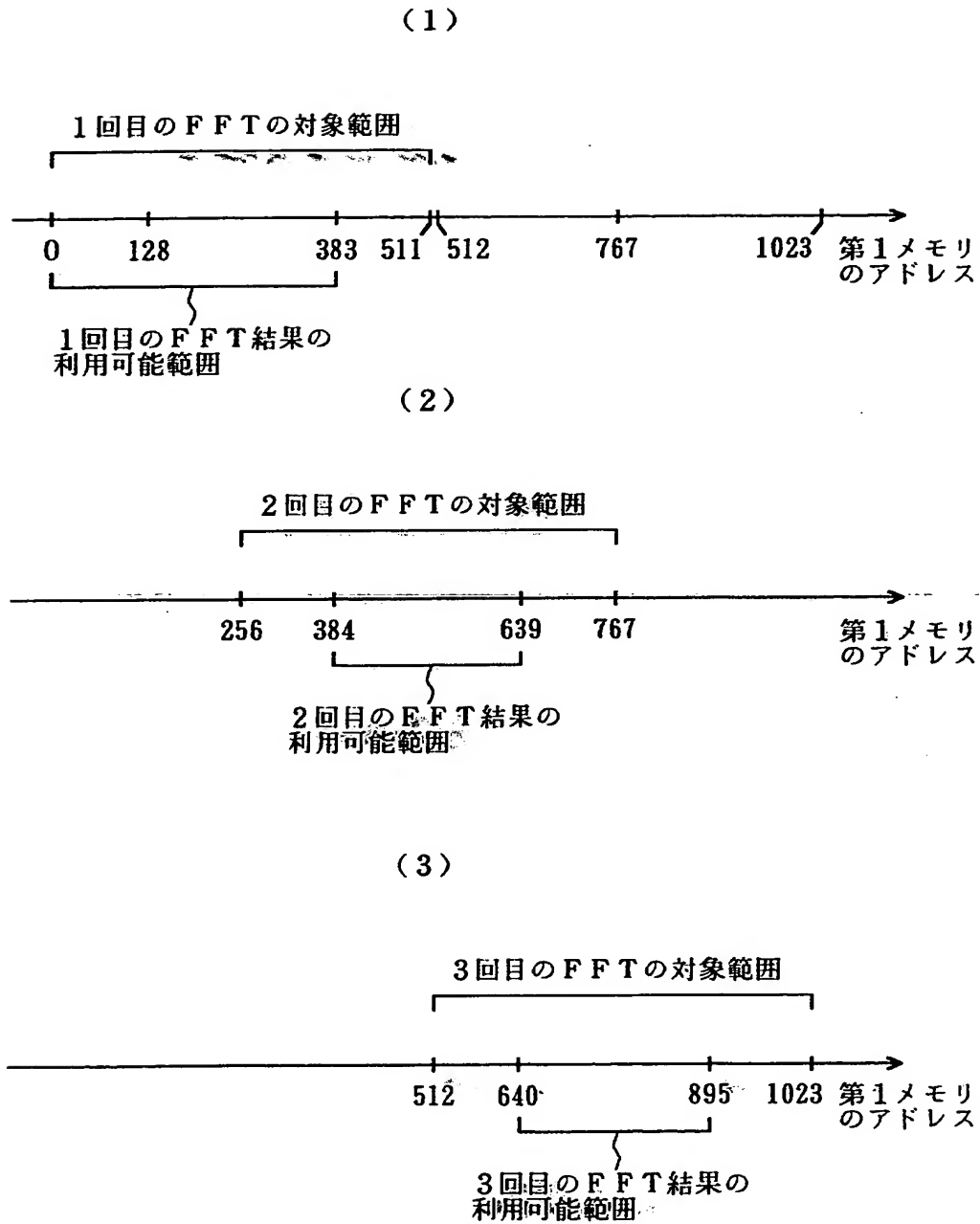
【図 6】



【図 7】

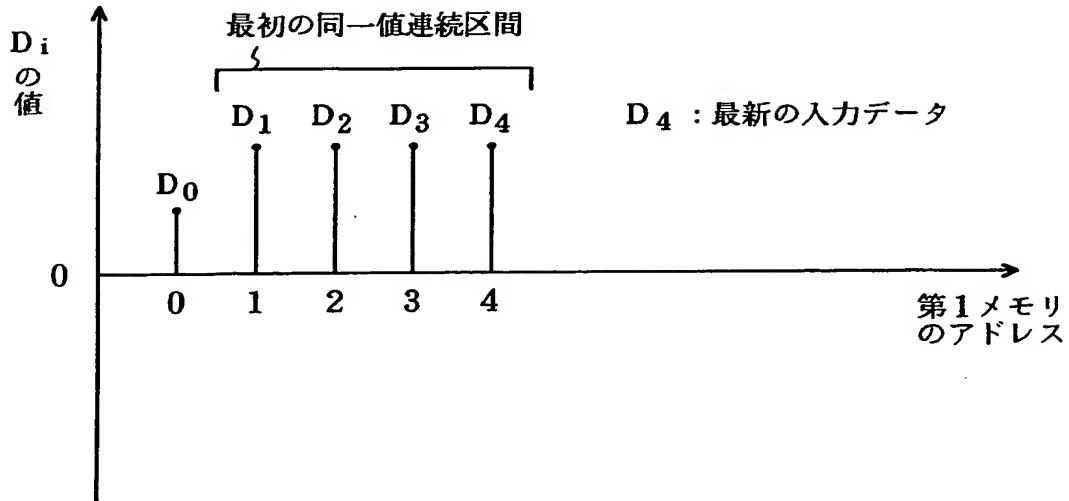


【図 8】

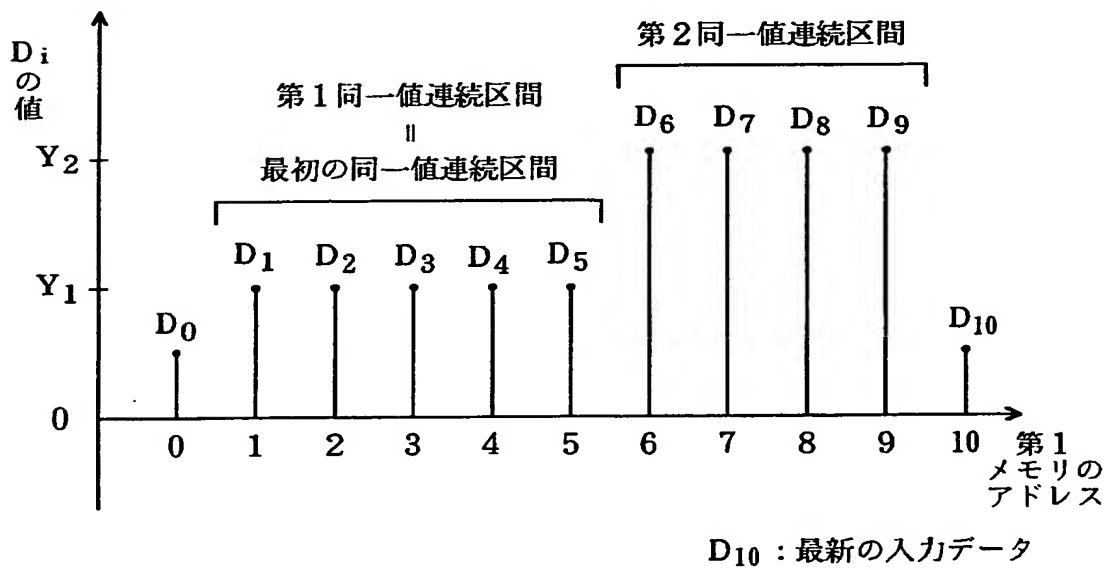


【図9】

(1)

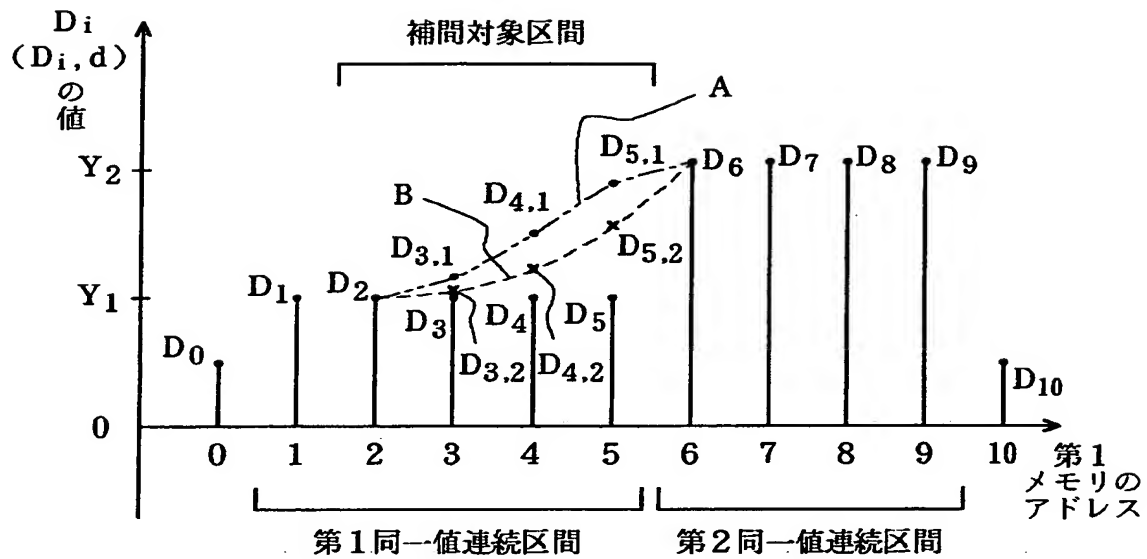


(2)

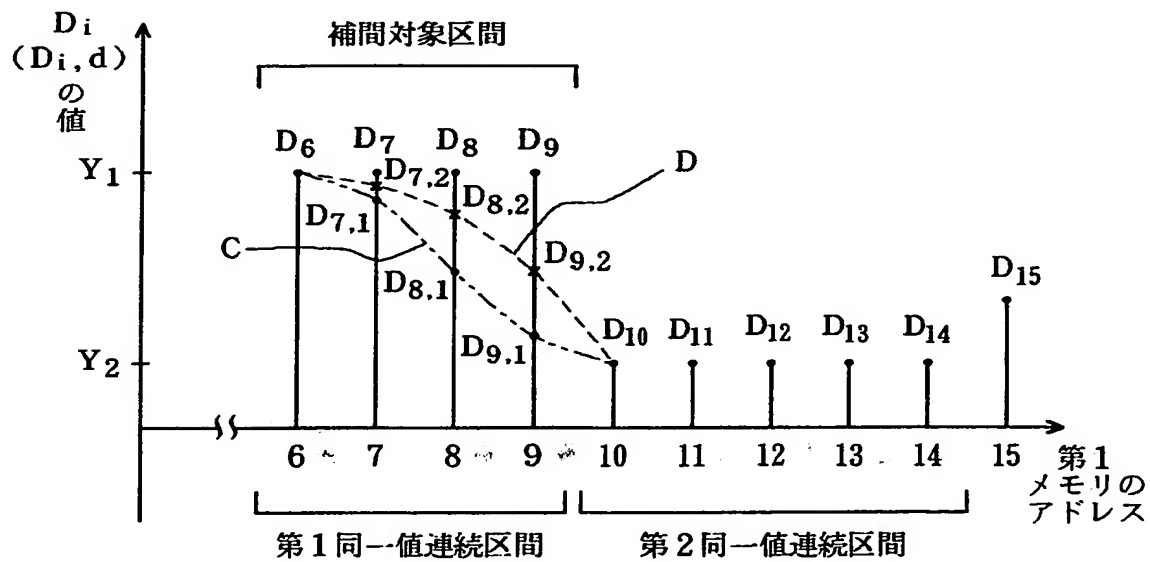


【図10】

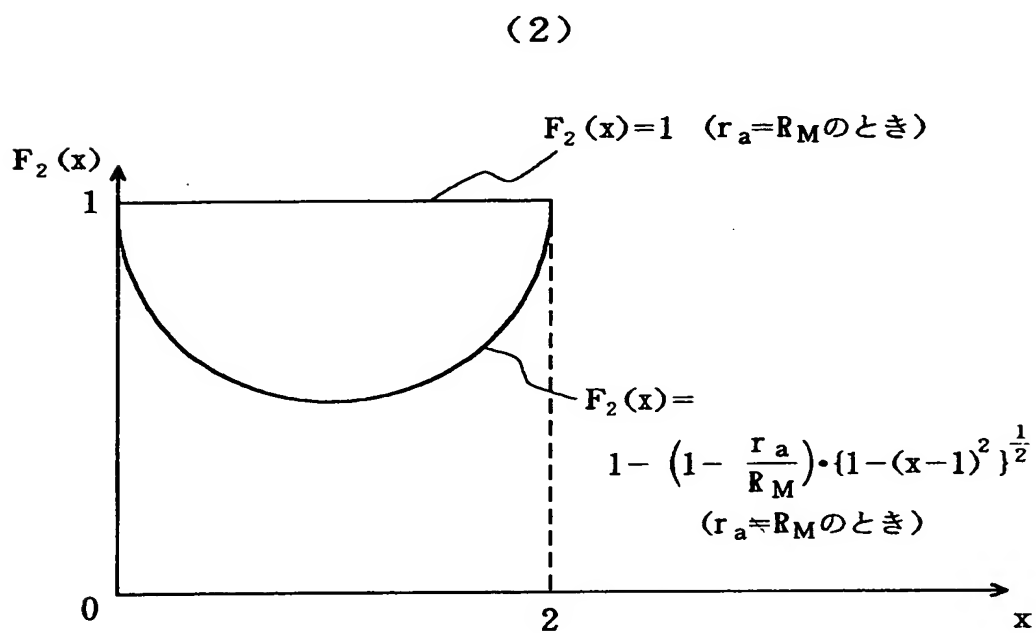
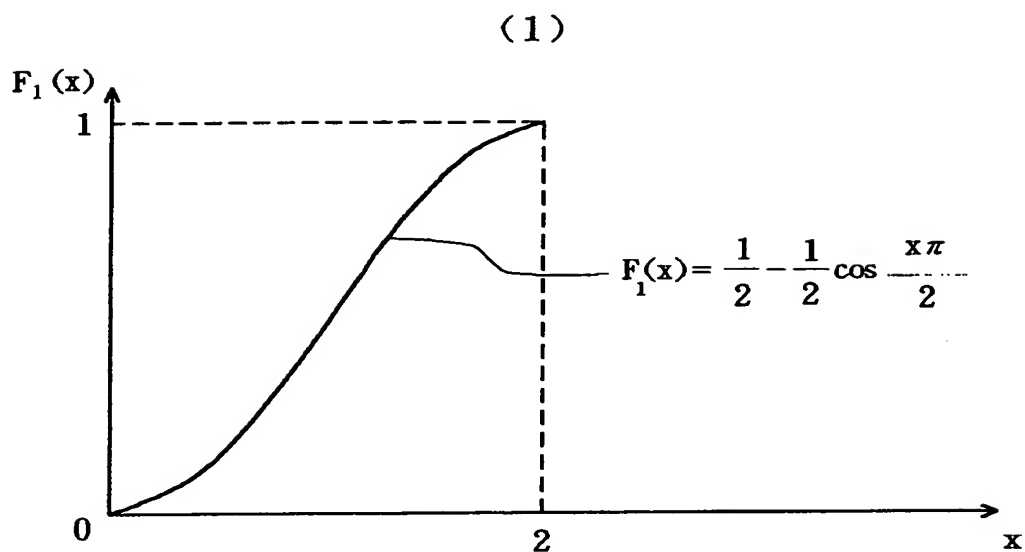
(1)



(2)

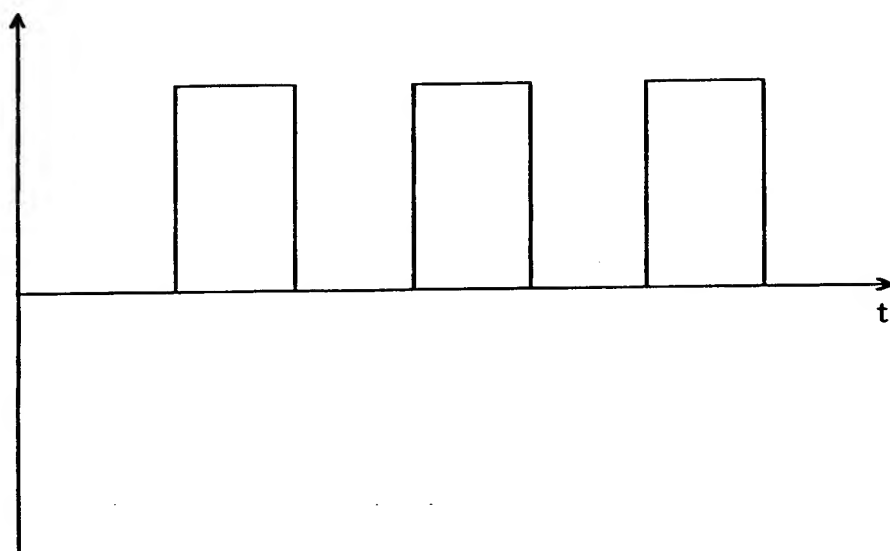


【図 1 1】

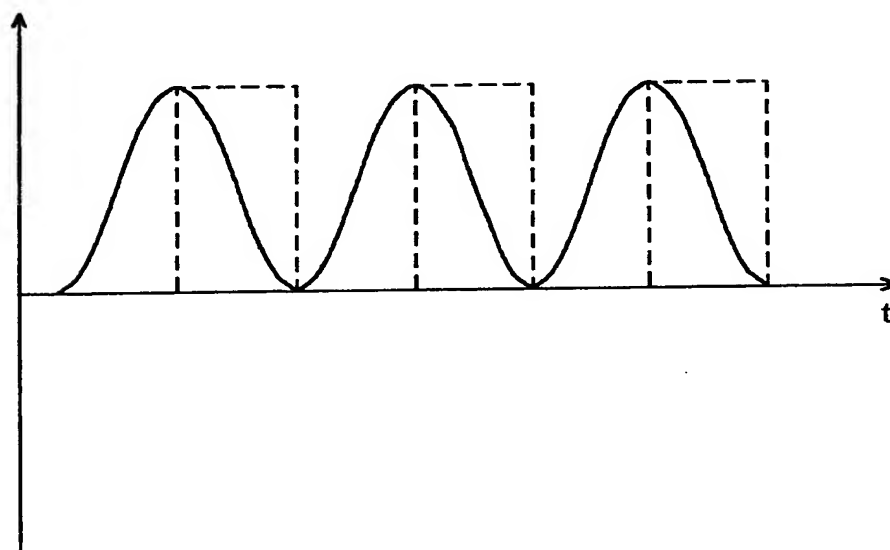


【図 1 2】

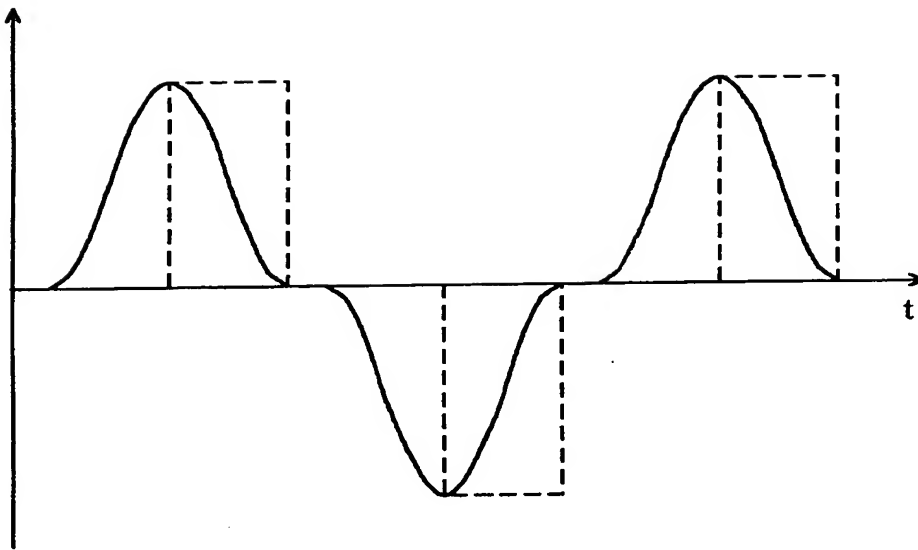
(1)



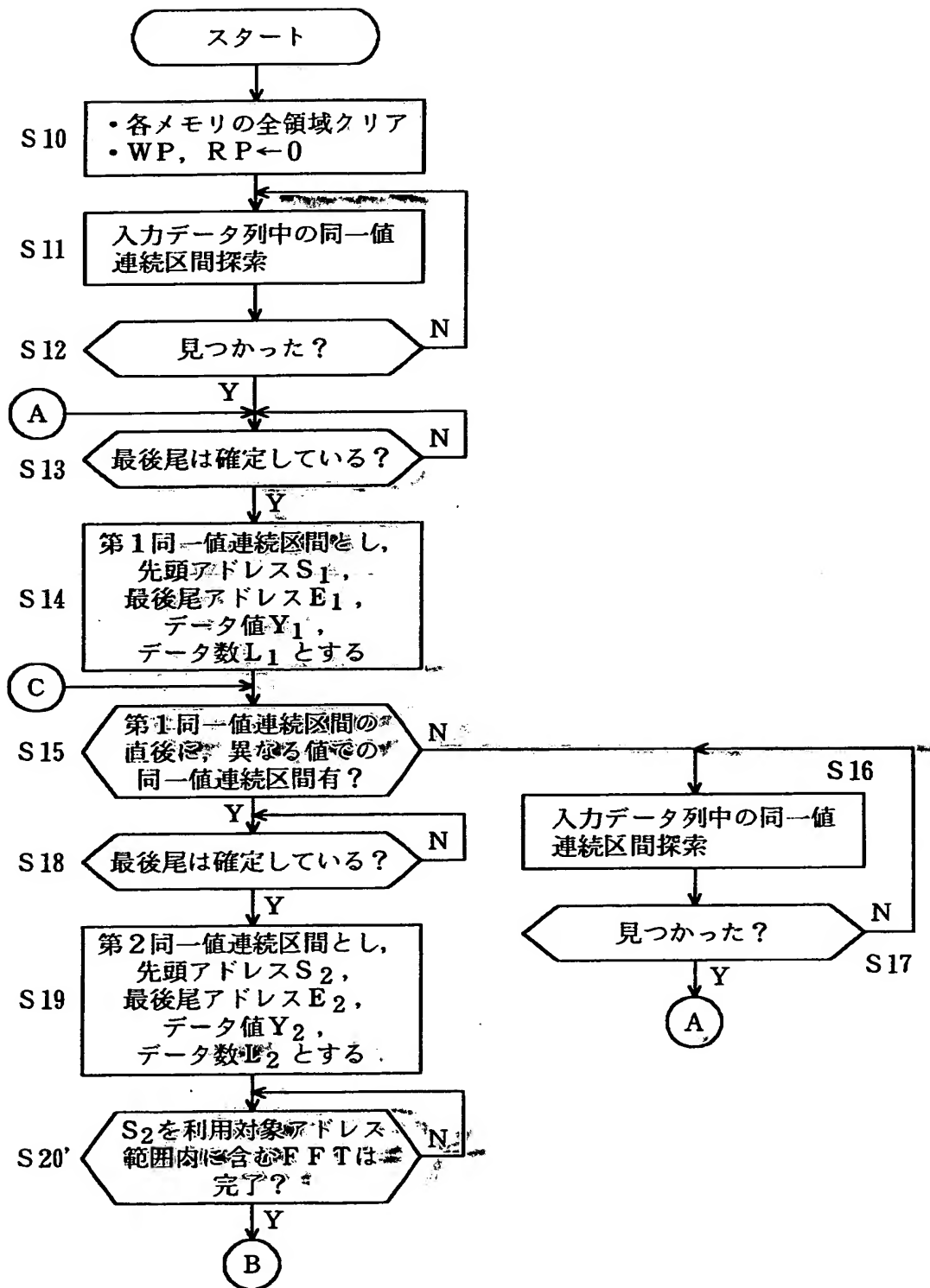
(2)



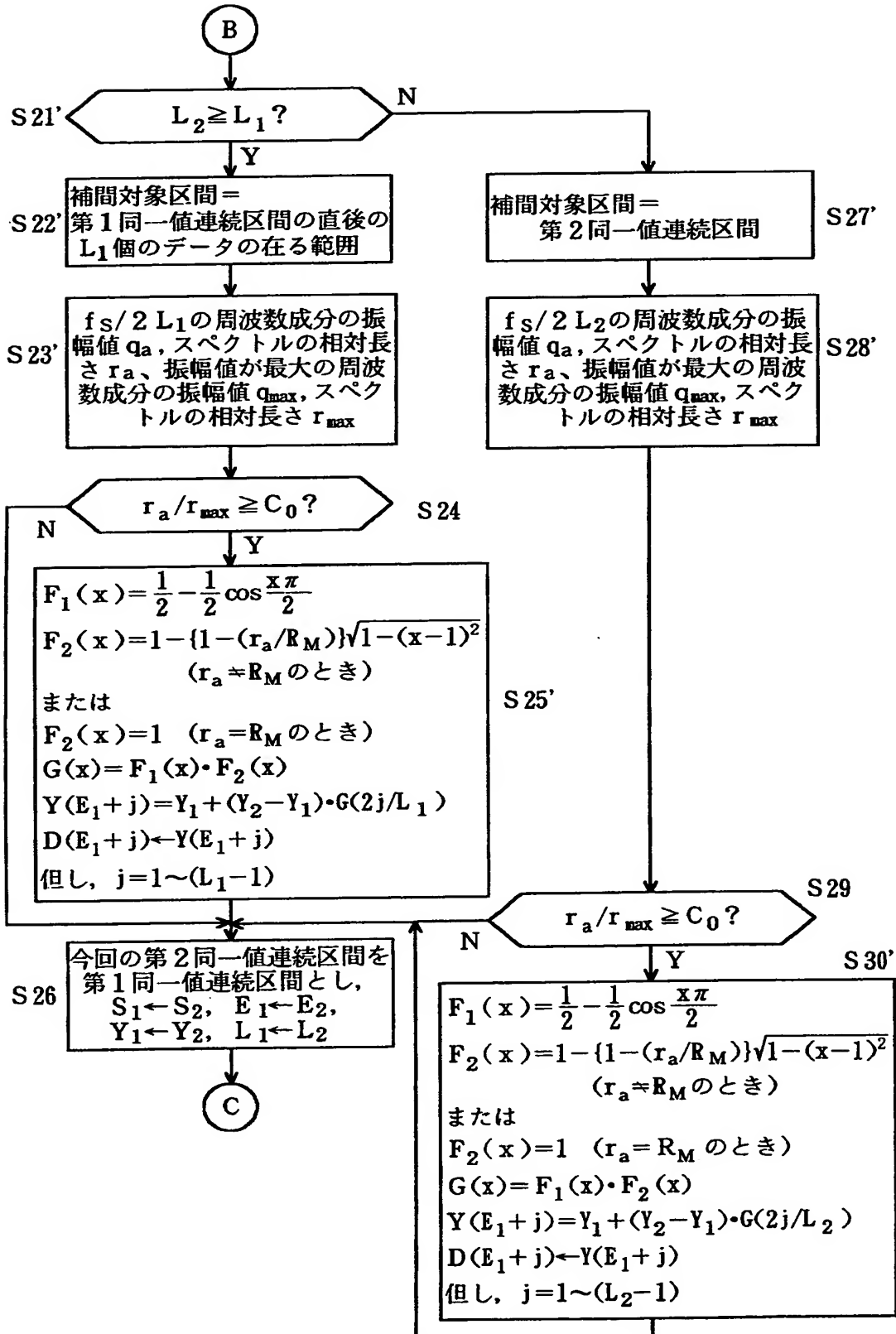
【図 1 3】



【図 14】

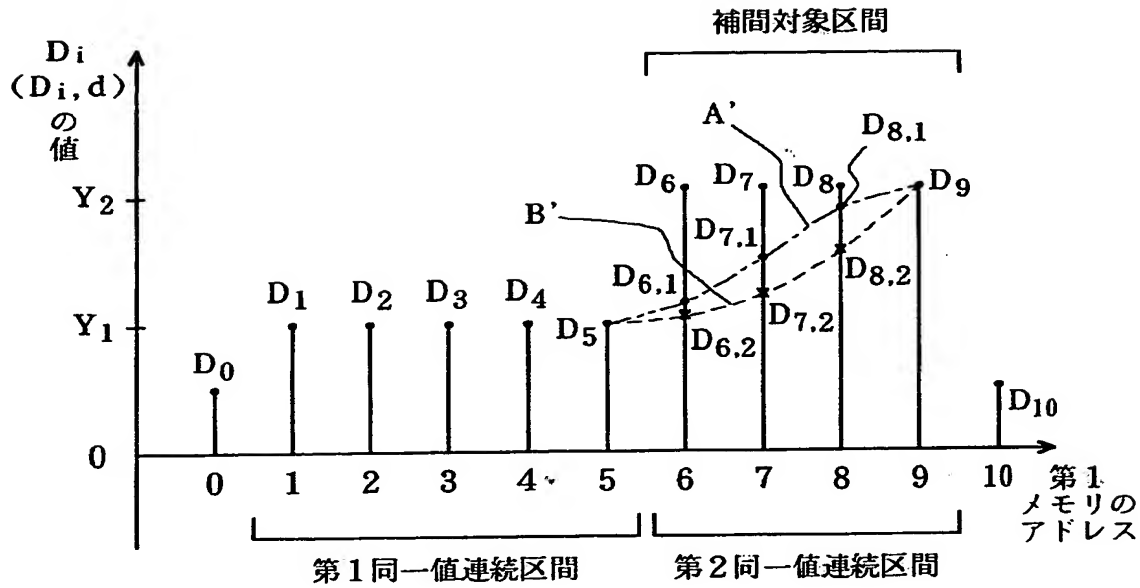


【図 1 5】

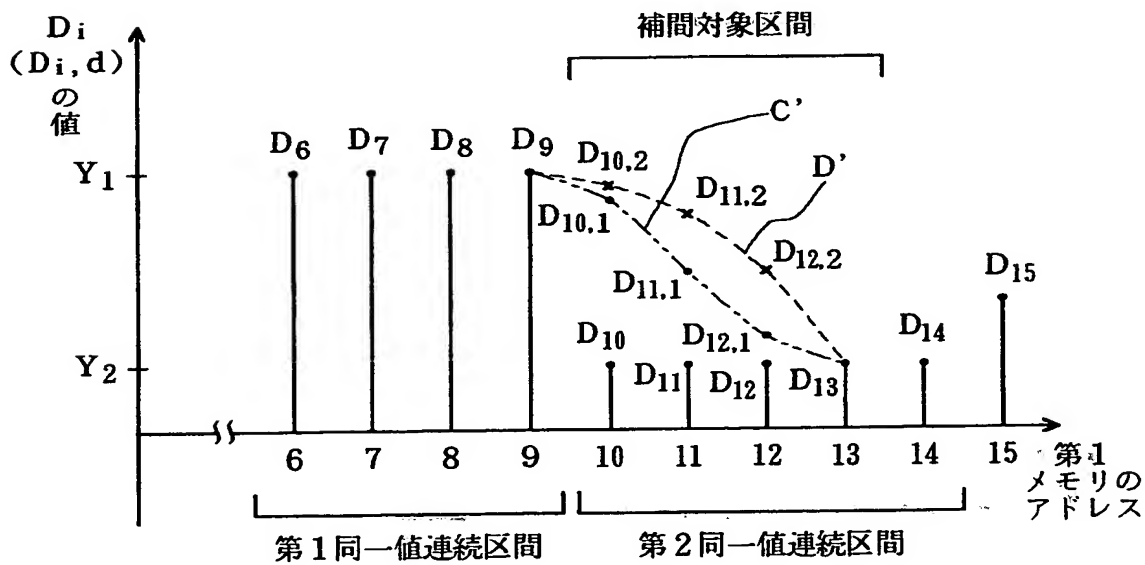


【図 16】

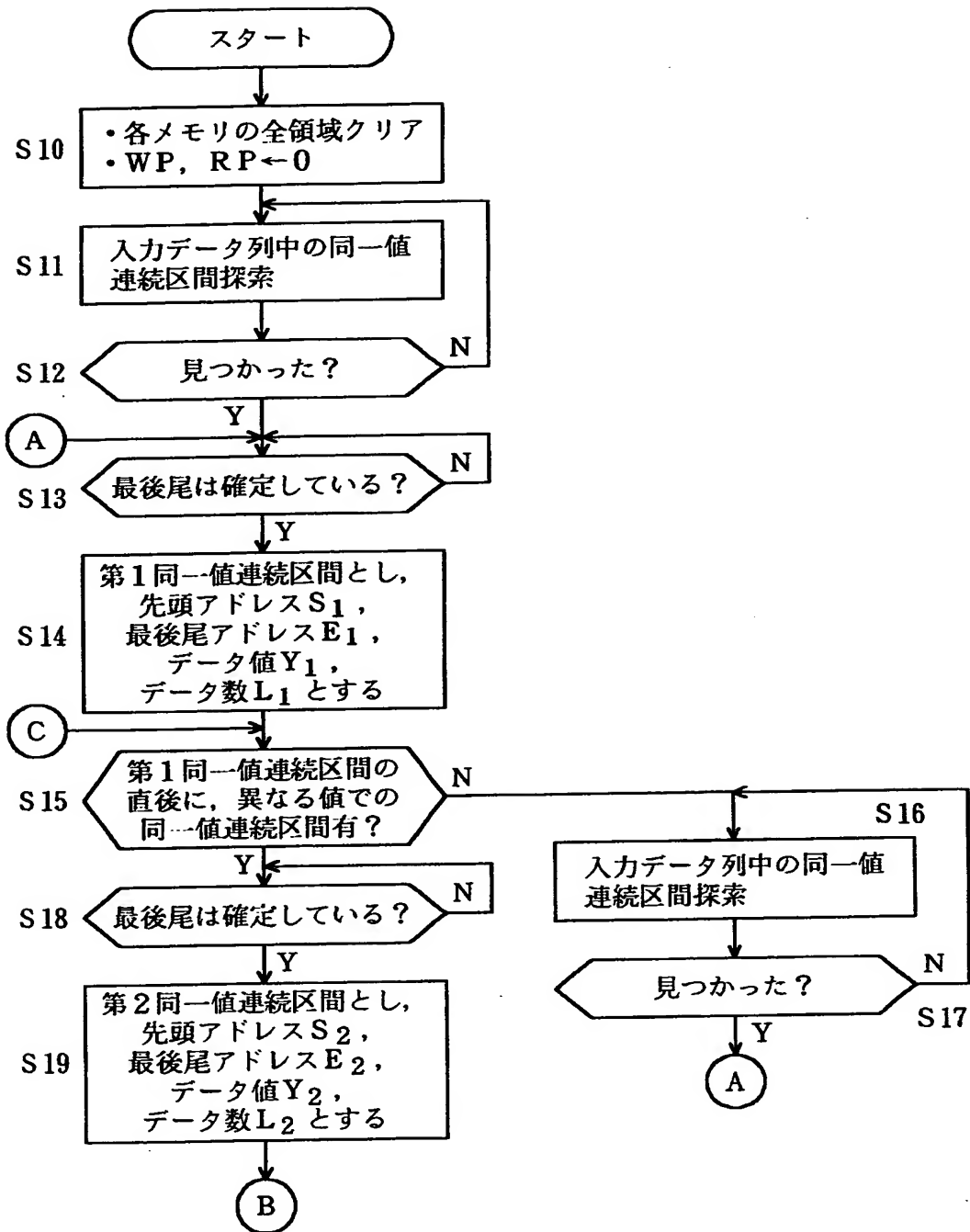
(1)



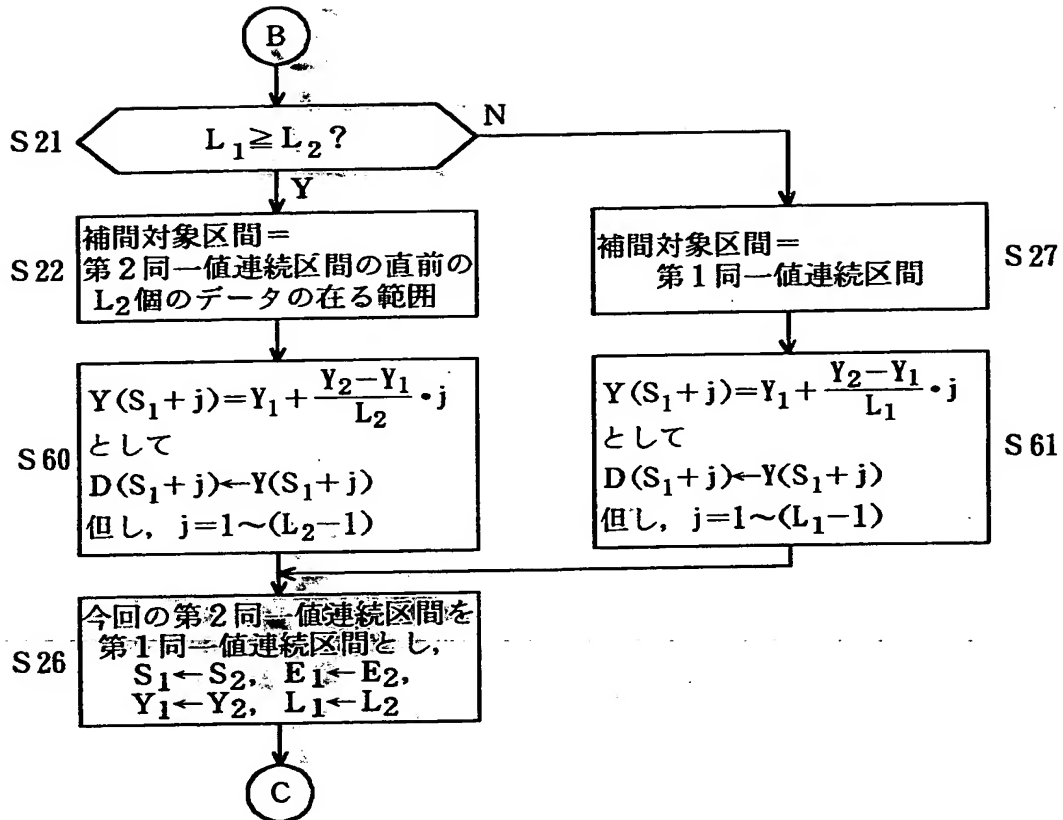
(2)



【図 1 7】

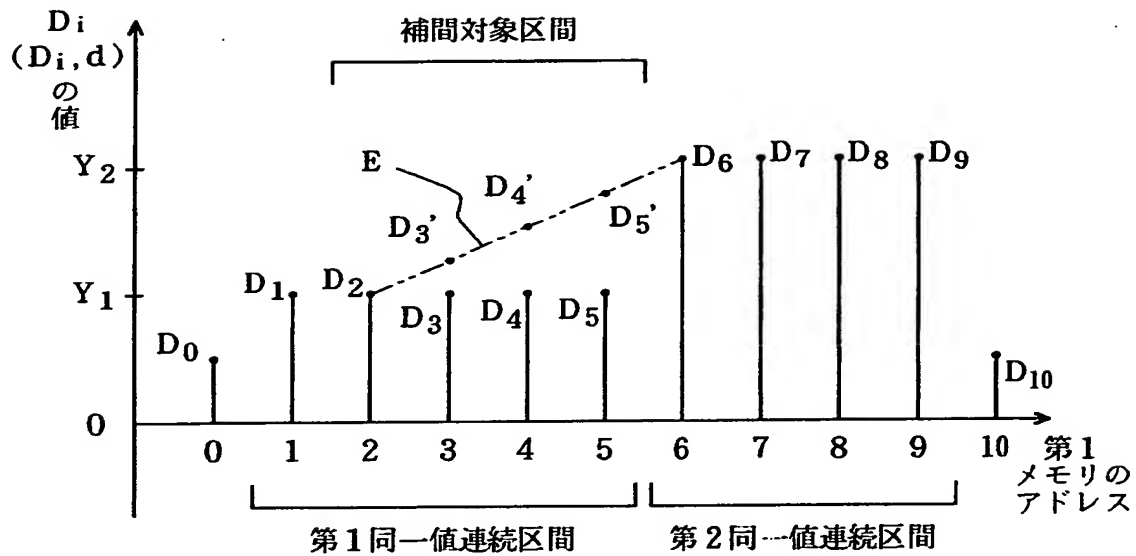


【図 1 8】

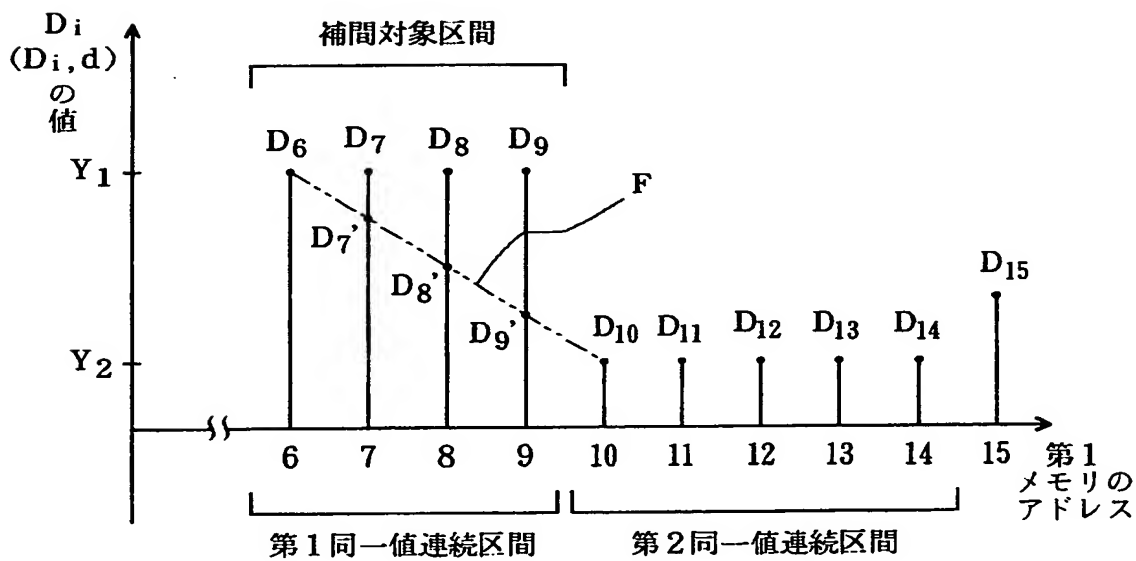


【図 1 9】

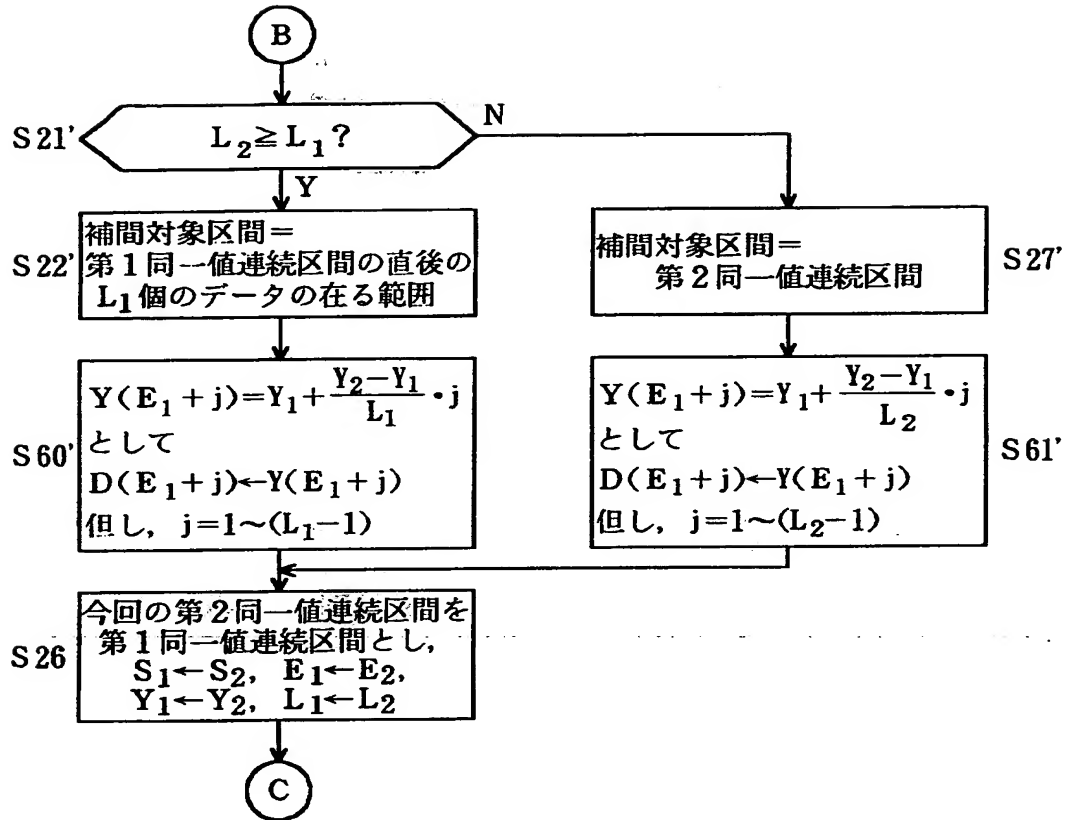
(1)



(2)

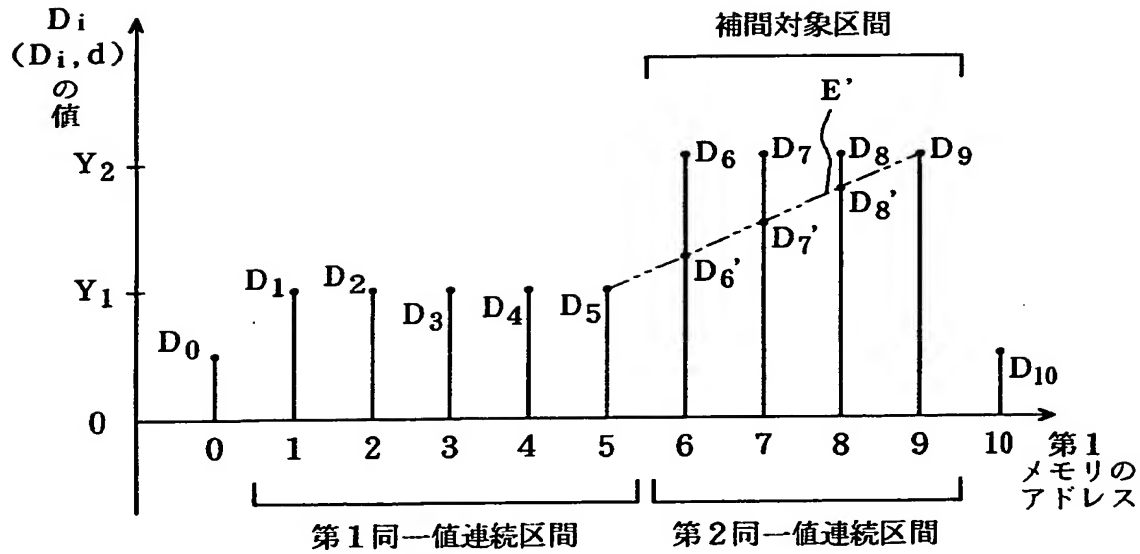


【図 2 0】

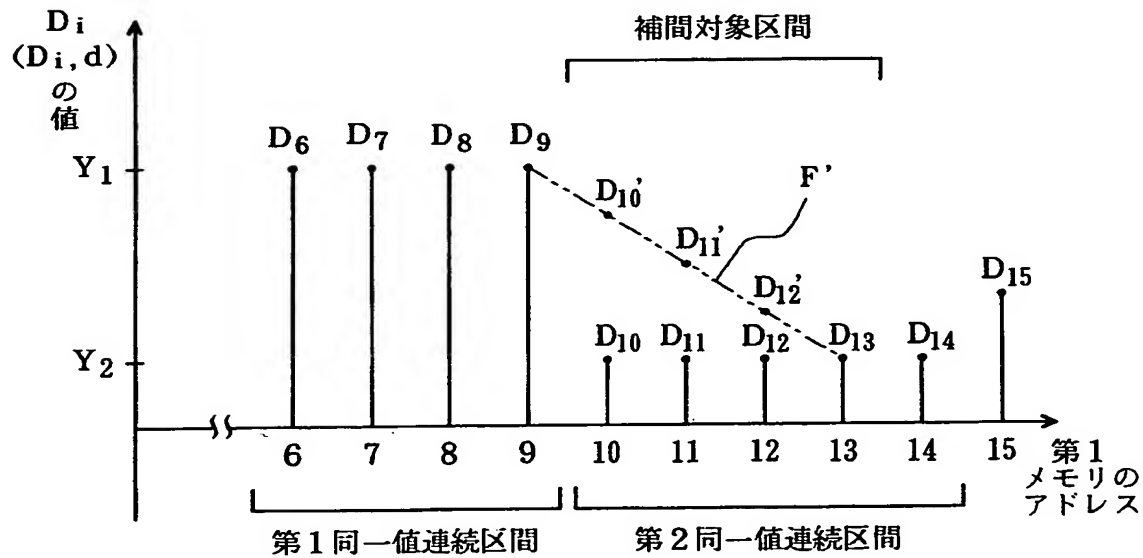


【図 2 1】

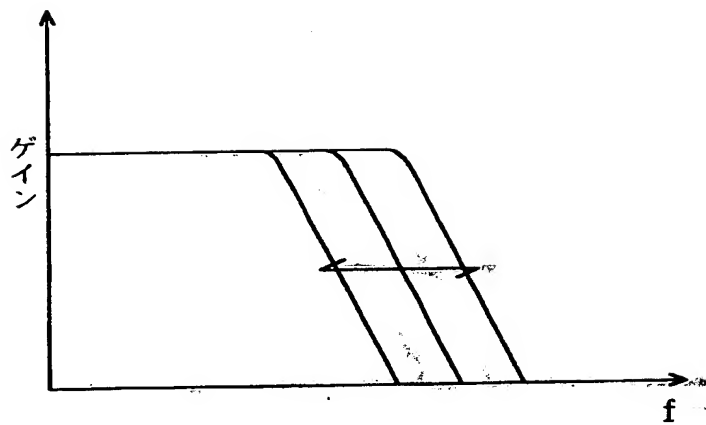
(1)



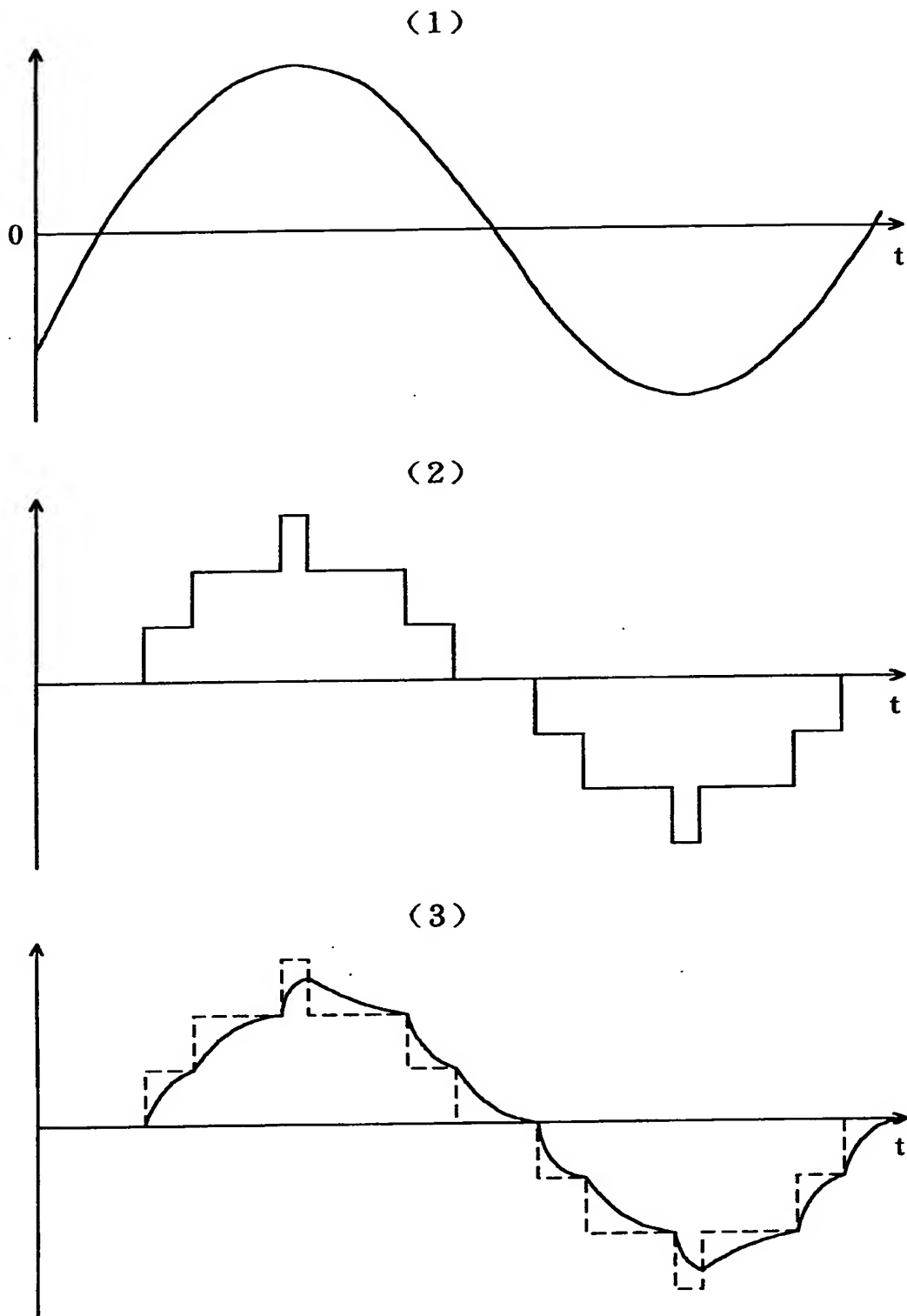
(2)



【図 2 2】

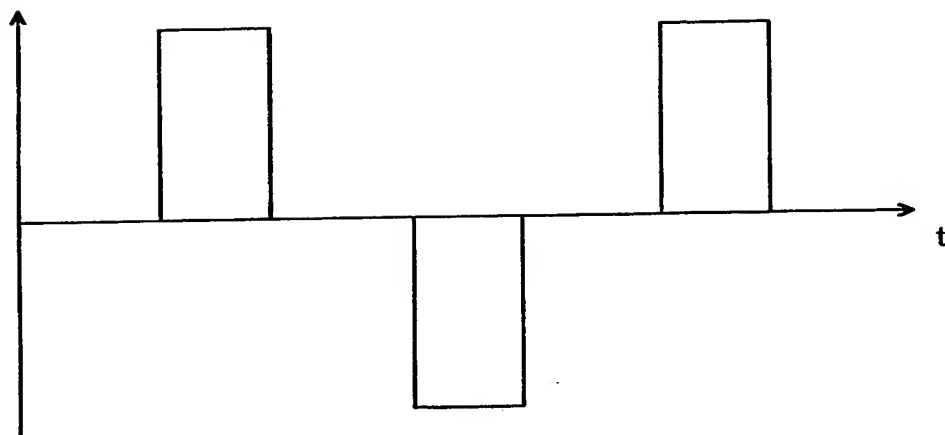


【図 2 3】

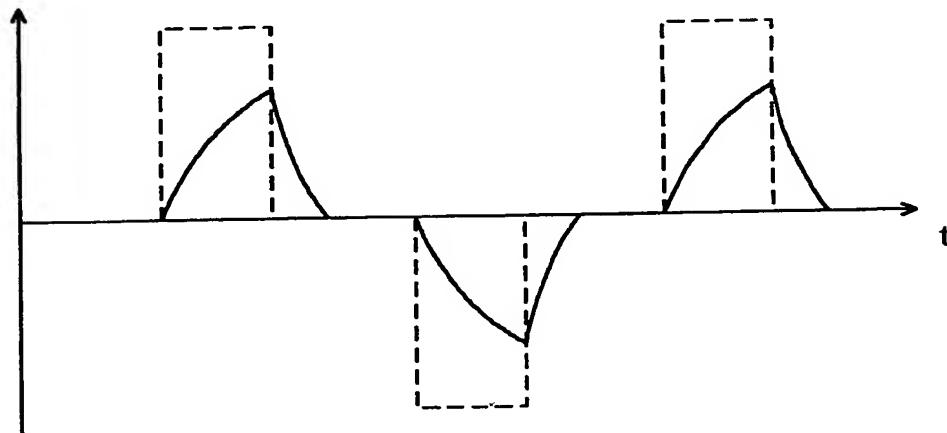


【図 2 4】

(1)



(2)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 量子化歪を低減できる補間方法、補間装置を提供する。

【解決手段】 DSP 3 は第 1 メモリ 2 A に記憶されたデジタルデータ列を対象にして、互いに異なる値で同一値連続区間が 2 つ続けて出現した部分を探し、前者を第 1 同一値連続区間、後者を第 2 同一値連続区間とする。そして、補間対象区間を、第 1 同一値連続区間の内、第 2 同一値連続区間の直前で、第 2 同一値連続区間と同じ長さの範囲とし、補間対象区間の先頭から第 2 同一値連続区間の先頭までほぼ単調に変化する補間関数に従い補間を行うことで、補間対象区間の補間波形の \sin 波成分を、補間前のデジタルデータ列の信号波形が第 1 同一値連続区間の前後に渡る或る所定期間で有している周波数成分に適合させる。このあと、DSP 3 は第 1 メモリ 2 A から補間後のデジタルデータ列を読み出し、出力する。

【選択図】 図 1 0

出願人履歴情報

識別番号

[000003595]

1. 変更年月日 1994年 9月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都渋谷区道玄坂1丁目14番6号

氏 名 株式会社ケンウッド